

**UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA**  
MASTER UNIVERSITARIO DE ESTUDIOS AVANZADOS DE  
ARQUITECTURA  
ESPECIALIDAD EN INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA  
ARQUITECTURA

**Influencia térmica y lumínica del uso de barandillas de vidrio en  
las terrazas de edificios residenciales: Caso de un edificio en San  
Cugat del Valles.**

Tutor: Joan Lluís Zamora  
Alumna: Estela Lourdes Sorto Díaz

Barcelona julio, 2017

# ÍNDICE

---

1.	Introducción, delimitación y justificación.....	3
2.	Estado del arte.....	2
2.1	Historia y evolución uso del vidrio en barandillas.....	2
2.2	Tendencias comerciales.....	4
2.3	Estudios científicos.....	6
3.	Hipótesis y objetivos.....	8
3.1	Hipótesis.....	8
3.2	Objetivo general.....	8
3.3	Objetivos específicos.....	8
4.	Metodología.....	9
4.1	Medición de luz.....	10
4.2	Medición térmica.....	11
5.	Caso de estudio.....	13
5.1	Selección de puntos de medición.....	16
5.1.1	Iluminación.....	16
5.1.2	Energía térmica.....	17
5.2	acabados de las superficies.....	18
5.2.1	Tipos de barandilla.....	19
6.	Análisis de datos.....	21
6.1	Campaña 1: Día soleado y barandilla de vidrio translucido (T).....	22
6.1.1	Radiación directa.....	23
6.1.2	Medición de luz.....	25
6.1.3	Medición de energía térmica.....	27
6.2	Campaña 2: Día nublado y barandilla opaca (O).....	28
6.2.1	Radiación directa.....	29
6.2.2	Medición de luz.....	30
6.2.3	Medición de energía térmica.....	32
6.3	Campaña 3: Día soleado y barandilla de vidrio, datos cualitativos.....	33
7.	Análisis de los resultados obtenidos.....	46
7.1	Luz.....	46
7.1.1	Iluminancia.....	46
7.1.2	Luminancia.....	52
7.2	Energía térmica.....	60
7.2.1	Temperatura del aire y temperatura superficial de la barandilla.....	63
7.2.2	Temperatura superficial del suelo con la de la barandilla.....	69
8.	Conclusiones y recomendaciones.....	75
8.1	Lumínicas.....	75
8.2	Térmicas.....	76
8.3	Recomendaciones.....	77
9.	Futuras líneas de investigación.....	79
10.	Referencias y Bibliografía.....	80
11.	Anexos.....	83
11.1	Terminología.....	85
11.2	Aparatos de medición. Fichas técnicas.....	86
11.2.1	Luxómetro: Hagner ScreenMaster.....	86
11.2.2	Medidor de ambientes PCE-EM 882.....	87
11.2.3	Termómetro psicométrico EXTECH RH401.....	88
11.2.4	Cámara Infrarroja FLIR i5.....	89

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Edificios con barandilla.....	4
Figura 2-2 Barandilla de vidrio con perfil abajo y arriba.....	4
Figura 2-3 Barandilla de vidrio con adaptadores que lo conectan con el forjado .....	5
Figura 2-4 Barandilla de vidrio con pinzas para suelo.....	5
Figura 2-5 Barandilla de vidrio con montantes verticales .....	5
Figura 2-6 Barandilla de vidrio con montantes verticales como sujeción de los vidrios por la parte trasera.....	6
Figura 2-7 Modelo 3D EDSL TAS .....	6
Figura 4-1 Esquema de la metodología a seguir para el análisis de datos.....	10
Figura 4-2 Luxómetro. y superficies de trabajo .....	11
Figura 4-3 Aparatos de medición térmica. ....	12
Figura 5-1 Mapa con la ubicación del apartamento. ....	13
Figura 5-2 Vista de fachada Este .....	13
Figura 5-3 Planta arquitectónica superpuesta con el recorrido solar .....	14
Figura 5-4 Fotografía desde el interior hacia la terraza Sur .....	15
Figura 5-5 Fotografía desde el interior hacia la terraza Norte .....	15
Figura 5-6 Detalle de la barandilla de vidrio translucido del apartamento .....	16
Figura 5-7 Planta arquitectónica, con los puntos de toma de datos seleccionados .....	17
Figura 5-8 Planta arquitectónica con los puntos de energía térmica seleccionados .....	18
Figura 5-9 Fotografías de acabados del edificio.....	18
Figura 5-10 Fotografía de la barandilla existente en la terraza Sur. ....	19
Figura 5-11 Colocación del papel en la terraza Sur .....	19
Figura 5-12 Colocación del papel en la terraza Norte. ....	19
Figura 6-1 Planta arquitectónica con puntos para las respectivas tomas de fotografías. ....	33
Figura 6-2. Imágenes del punto E1_T: E1ST y E1NT.....	33
Figura 6-3 Imágenes con el punto E4ST y el punto E3NT a la derecha.....	34
Figura 7-1 Comparación de la diferencia de valores de la iluminancia vertical.....	47
Figura 7-2 Comparación de la diferencia de valores de la iluminancia horizontal .....	47
Figura 7-3 Comparación de los promedios de iluminancia vertical y horizontal .....	48
Figura 7-4 Esquema del análisis de los diferentes puntos de medición. ....	49
Figura 7-5 Esquema de los puntos comparados en las orientaciones Norte y Sur .....	50
Figura 7-6 Esquema de las reflexiones de iluminancia vertical .....	51
Figura 7-7 Comparación de la diferencia de los valores de la luminancia de suelo.....	52
Figura 7-8 Comparación de la diferencia de valores de la luminancia de frente. ....	53
Figura 7-9 Comparación de la diferencia de valores de la luminancia de cielo o techo .....	54

Figura 7-10 Comparación de los promedios de luminancia en los tres planos de trabajo ..	55
Figura 7-11 Esquema del análisis de los diferentes puntos de medición.....	56
Figura 7-12 Fotografías tomadas en los puntos interiores de cada terraza.....	57
Figura 7-13 Comparación de los puntos en las terrazas Norte y Sur.....	58
Figura 7-14 Visualizaciones realizadas con Rhinoceros y DIVA para el espacio interior de la terraza Sur con la barandilla translúcida.....	60
Figura 7-15 Visualizaciones realizadas con Rhinoceros y DIVA para el espacio interior de la terraza Sur con la barandilla opaca.....	60
Figura 7-16 Comparación de las temperaturas del aire entre cada punto .....	61
Figura 7-17 Comparación de las temperaturas superficiales de la barandilla.....	62
Figura 7-18 Comparación de las temperaturas del suelo entre cada punto .....	62
Figura 7-19 Comparación de la temperatura de aire con la temperatura de la barandilla ..	63
Figura 7-20 Comparación de valores de temperatura del aire y la barandilla en distancia entre los diferentes puntos.....	64
Figura 7-21 Presentación de los puntos a comparar, en la terraza sur y norte.....	64
Figura 7-22 Esquema con las diferentes orientaciones a comparar .....	65
Figura 7-23 Comparación de los valores de temperatura en la distancia de los diferentes puntos.....	66
Figura 7-24 Esquema con las diferentes orientaciones a comparar .....	67
Figura 7-25 Comparación de la temperatura del aire con la temperatura de la barandilla y los materiales de barandilla .....	68
Figura 7-26 Esquema con los diferentes puntos a comparar .....	68
Figura 7-27 Comparación de la temperatura del suelo con la temperatura de la barandilla en diferentes puntos de medición.....	69
Figura 7-28 Comparación de la temperatura del suelo y temperatura de la barandilla con la distancia de los puntos .....	70
Figura 7-29 Comparación de la temperatura del suelo y temperatura de la barandilla con los diferentes materiales de la barandilla.....	72
Figura 7-30 Comparación de la temperatura del suelo y la temperatura de la barandilla y el posible "efecto invernadero" .....	73
Figura 8-1Reflecciones que más afectan negativamente el confort en el uso de barandillas translúcidas.....	76
Figura 8-2 La altura de la barandilla (d), influencia el confort térmico.....	77
Figura 8-3 Sección de terraza .....	77



## INDICE DE TABLAS

Tabla 6-1 Radiación directa en los puntos de iluminación con barandilla translúcida.....	23
Tabla 6-2 Radiación directa en los puntos seleccionados de energía térmicaSur .....	23
Tabla 6-3 Radiación directa en los puntos seleccionados de energía térmicaNorte. ....	24
Tabla 6-4 Radiación directa en los puntos de iluminación con barandilla opaca.....	29
Tabla 6-5 Radiación directa en los puntos seleccionados de energía térmica.....	29
Tabla 6-6 Radiación directa en los puntos seleccionados de energía térmica.....	29
Tabla 6-7 Fotografías infrarrojas tomadas a cada hora del día .....	45

# 1. INTRODUCCIÓN, DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

---

Una de las fuertes tendencias en materiales de cerramiento de arquitectura es el empleo del vidrio plano. Estuvo sus inicios de la aplicación en las fachadas de los edificios, sin embargo, actualmente se ha ido implementando también para cualquier tipo de acabado.

Siguiendo esta tendencia, el vidrio se ha empleado también más recientemente en la construcción de barandillas de terrazas y balcones de muchos edificios como elemento decorativo, especialmente en los edificios residenciales. Las barandillas al ser un elemento relativamente de poca dimensión con respecto al edificio, no se tiende a pensar en cómo el vidrio de las mismas pueda influir en el confort lumínico y térmico del usuario en la terraza o el interior de la habitación más próxima. Debido a que no se encontraron estudios hasta ahora que aborden en exclusiva el tema, se consideró como hueco de estudio e interés, que puede ayudar tanto a la mejora del confort de los usuarios como al ahorro de energía, aunque a pequeña escala.

A partir de ello, es importante llegar a conocer cómo puede afectar la utilización del vidrio como barandilla en estos espacios, a fin de poder realizar una buena elección de materiales dependiendo de los requerimientos y las necesidades del proyecto, así como las recomendaciones a tomar en cuenta para la utilización del mismo.

Este trabajo se enfoca en el estudio preliminar de un caso concreto de las terrazas de una vivienda situada en un edificio de apartamentos en San Cugat de Valles, en Barcelona, en una terraza Sur y otra Norte, con el objetivo de examinar la influencia que puede tener el uso del vidrio para la construcción de las barandillas en cuanto al confort lumínico y térmico en las diferentes orientaciones. Las mediciones se limitaron al plazo de la realización de este trabajo, en la transición de primavera-verano del año 2017.

## PALABRAS CLAVE:

Barandillas de vidrio, energía térmica, iluminación natural, terrazas y balcones.

## **2. ESTADO DEL ARTE**

---

Hoy en día el empleo del vidrio se ha vuelto casi innegociable en la arquitectura moderna. La utilización como material en la construcción surgió por la necesidad de iluminar nuestras habitaciones y también poder tener una relación protegida con el exterior, sin embargo, actualmente se ha vuelto una tendencia global tan de moda, que se usa también con fines estéticos a fin de obtener un aspecto vanguardista y contemporáneo.

### **2.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL USO DEL VIDRIO EN BARANDILLAS.**

Desde que el ser humano empezó a establecerse y realizar refugios, existió la necesidad de iluminar el espacio interior. En la arquitectura primitiva se empezó a realizar a través de las primeras ventanas arcaicas las cuales proveían luz y ventilación. Sin embargo, el uso del vidrio en ellas no surgió sino hasta muchos siglos después.

El vidrio se empezó a introducirse como material de manera artesanal, para elementos decorativos de mobiliario y utensilios. A medida que las habilidades de los artesanos fueron mejorando a través de muchos años y tradiciones, en Siria lograron realizar las primeras láminas planas de color y emplearse poco a poco en ventanas. Los romanos fueron los que lo emplearon de manera más generalizada en los edificios, especialmente en invernaderos para cultivar hortalizas.

Eventualmente, con los avances de la producción del vidrio, se comenzó a emplear arquitectura religiosa como elementos decorativos, teniendo su apogeo en la época del Gótico, donde el vidrio empezó a tomar un papel importante en la arquitectura. El vidriol lograba iluminar grandes espacios donde se congregaban muchas personas y a consecuencia se pudo ahondar más en el estudio de las técnicas para la obtención del vidrio y lograr vidrios más claros, perfectos y transparentes.

A partir de 1550, el vidrio se comenzó a utilizar en las mansiones y palacios de riqueza alrededor del mundo, por ejemplo, la mansión Hardwick Hall (1590-1597) y el palacio de Versalles (1669-1685). A finales del siglo XVIII el uso del vidrio se había extendido a estructuras completas para invernaderos de plantas y en el siglo XIX con la construcción del Cristal Palace en la gran Exposición Mundial de (1851).

La industrialización del vidrio creó nuevas oportunidades de diseños y usos para las nuevas demandas.

Por otro lado, en el siglo XV, las primeras barandillas se realizaban de hierro, y a medida que las técnicas artesanales de forjado fueron mejorando, también el de las barandillas de los balcones. En el siglo XVIII con la introducción del acero se desarrolló un nuevo proceso industrial en la metalurgia. En esa misma época fue además que las barandillas se empezaron a usar más comúnmente en edificios residenciales para las terminaciones de las ventanas y balcones, incluyendo en edificios de clase media, siendo al mismo tiempo un elemento decorativo esencial de las fachadas urbanas en algunas partes de Europa.

Con la revolución industrial del siglo XIX, la industria del vidrio y acero creció e innovó, dando lugar a nuevos procesos de obtención como la invención del vidrio flotado, y el acero laminado, y para el siglo XX la industria se produjo en masa.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, con el movimiento artístico Art Nouveau y luego con el Art Deco, se empieza a emplear el vidrio en barandillas, aunque solo de manera decorativa en pequeñas porciones en su mayoría de colores y sin mucho éxito. En 1960 se lanza el vidrio laminado y, por tanto, comienzan a investigarse vidrios con mayores prestaciones de seguridad al impacto en cuanto a la seguridad de los usuarios.

Desde inicios del siglo XX los arquitectos líderes del movimiento moderno, Le Corbusier y Mies van der Rohe realizaron obras de arquitectura impresionantes que cambiaban la forma convencional del uso del vidrio. El edificio de apartamentos en 1956 en Chicago de Mies fue el primero en tener una fachada completa acristalada, siendo el primer edificio con muro cortina, marcando un punto fundamental en la historia de la arquitectura y convirtiéndose en un símbolo de modernidad que ha perdurado hasta nuestros tiempos.

A partir de entonces, desde los 70's y con mayor fuerza en los 90's, con las nuevas tecnologías del vidrio de seguridad, del vidrio templado o laminado, que ya permitía regular la transparencia y cumplir con las exigencias de privacidad, arquitectos como Richard Rogers, Eva Jiricna, Foster and Partners, entre muchos otros comenzaron a incluir en sus obras arquitectónicas el uso del cristal en sus barandillas, marcando así la tendencia de moda que perdura hasta la actualidad. A medida que se fue además mejorando en el acabado del acero y el vidrio para el uso de exteriores, también el uso de las barandillas se ha ido expandiendo hacia esta área.



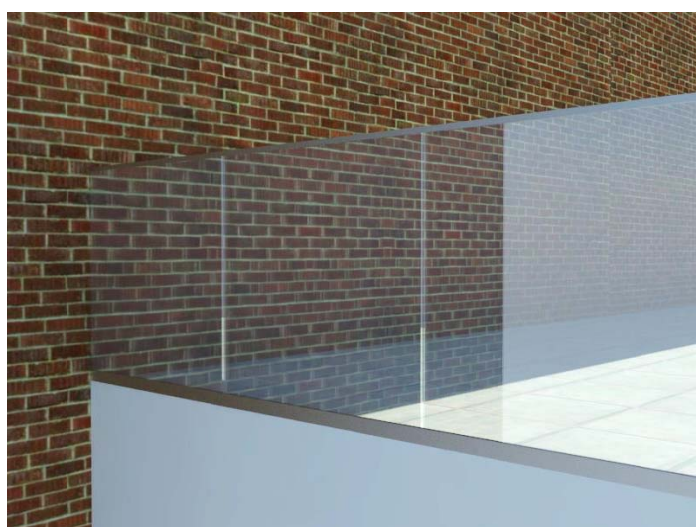
Figura 2-1, De izquierda a derecha: edificio Willis Faber & Dumas Headquarters, Londres de Foster and partners 1975, Fuente: [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com). Edificio Lloyd's en Londres de Richard Rogers, 1986. Fuente: [www.londonarchitectureglog.com](http://www.londonarchitectureglog.com). Apartamento Mayfair, Londres, de Eva Jiricna 1993. Fuente: [www.ejal.com](http://www.ejal.com)

## 2.2 OFERTA COMERCIAL

Actualmente, se busca el empleo arquitectónico del vidrio plano como sinónimo de modernidad, ligereza y luz.

Si hablamos de las barandillas que sean de vidrio, entonces también estamos hablando de la estructura metálica auxiliar que las soporta; pues la tendencia del momento es que el cuerpo sea el vidrio, y el metal la estructura. Siempre tratando que esta última sea lo menos visible, para lograr al máximo los efectos de transparencia. El metal puede ser zinc, aluminio, o acero inoxidable. El vidrio suele ser siempre un vidrio claro para dar la imagen de transparencia y ligereza y con las prestaciones necesarias para la protección del usuario.

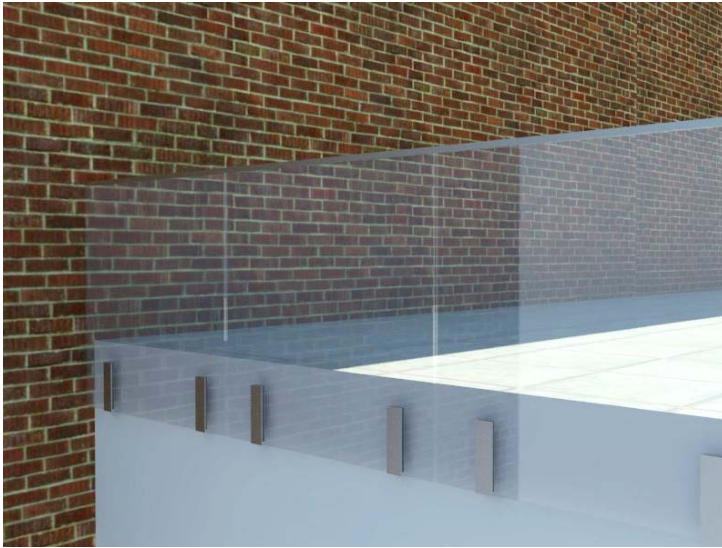
En los catálogos de las empresas más conocidas en el mercado de la construcción de Barcelona (Q-rail: <https://www.q-railing.com/es-es>, Comenza: <http://www.comenza.es/>, y Nex: <https://www.trenzametallarea.com/inicio>) podemos encontrar los siguientes tipos de barandilla:



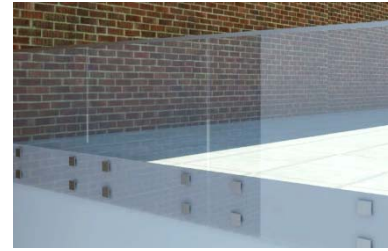
1. Con perfiles horizontales, arriba y abajo o solamente por abajo para aumentar la transparencia. El perfil inferior puede ser incluso escondido en el pavimento del balcón, para tener solo la visual aparente del vidrio. No hay presencia de perfiles verticales metálicos porque se confía en la resistencia

Figura 2-2 Barandilla de vidrio con perfil abajo y arriba. Fuente: Elaboración propia.

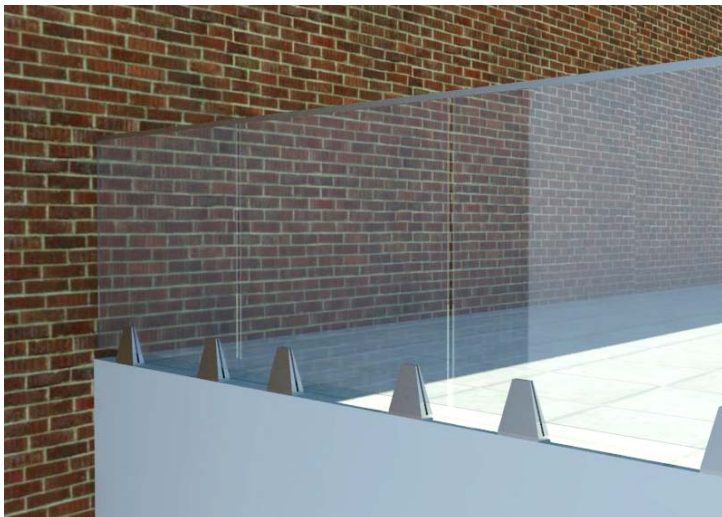
a flexión del vidrio.



*Figura 2-3 Imagen superior: Barandilla de vidrio con sujeciones que lo conectan con el forjado. Derecha: otro tipo de adaptador. Fuente: Elaboración propia.*



Con sujeciones puntuales de metal que pueden fijarse en la testa de los forjados. Estos adaptadores pueden ser de muchas formas, suelen ser rectangulares, cuadrados o circulares.



2. Con pinzas de sujeción apoyadas en el suelo. Estas pueden ser de diferentes formas, como rectangulares, orgánicas, triangulares, etc. Pueden tener o no un perfil superior como terminación final.

*Figura 2-4 Barandilla de vidrio con pinzas para suelo. Fuente: Elaboración propia.*



3. Con montantes verticales situados en el mismo plano del vidrio, que poseen pinzas para la sujeción lateral. Hay distintas formas de estas pinzas en los catálogos para poder escoger según el diseño deseado.

*Figura 2-5 Barandilla de vidrio con montantes verticales para la sujeción de los vidrios. Fuente: Elaboración propia.*





4. Con montantes verticales que se encuentran por detrás del vidrio y suelen tener un pasamanos que no toca este elemento.

*Figura 2-6 Barandilla de vidrio con montantes verticales como sujeción de los vidrios por la parte trasera. Fuente: Elaboración propia.*

## 2.3 ESTUDIOS CIENTÍFICOS

La preocupación del excesivo uso del vidrio en las aberturas de cerramientos arquitectónicos ha despertado el interés para el estudio del mismo y su influencia con respecto al confort ambiental y del usuario. Los balcones y las terrazas han sido de igual manera un punto de interés, por lo que se buscó con las palabras claves “balcones”, “barandillas”, “vidrio o cristal”, “energía térmica”, “confort”, “terrazas” en diferentes páginas web como [www.engineeringvillage.com](http://www.engineeringvillage.com), <https://scholar.google.es>, <https://www.sciencedirect.com>, en las plataformas electrónicas de la biblioteca de la UPC, entre otros.

Un artículo de “Energy and Buildings” Vol 108 de diciembre 2015, relata el estudio del desempeño de cerramientos de balcones que han sido acristalados en la capital de Líbano<sup>1</sup>. En el estudio se monitorearon dos balcones de un edificio, uno que posee acristalamiento y el otro que no posee. Como complemento de estos datos, se realizaron simulaciones térmicas usando el software



EDSL TAS para el estudio de las demás orientaciones, distinta manipulación de espacio, acabados y protecciones solares diferentes.

*Figura 2-7 Modelo 3D EDSL TAS, del edificio en estudio de Líbano, con los dos diferentes tipos de balcones estudiados. Fuente: Fig. 3 Artículo de Philip H. Saleh.*

<sup>1</sup> PHILIP H. Saleh. Thermal performance of glazed balconies within heavy weight/thermal mass buildings in Beirut, Lebanon's hot climate. Energy and Buildings 108, 291-303. Septiembre 2015.

Llegando a la conclusión que para el clima en el que se encuentra el edificio, no es recomendable el uso de esta práctica, pues eleva mucho la temperatura del interior, tendiendo a recurrir a un mayor uso de horas de equipos de refrigeración. Si de lo contrario fuera necesario, se recomienda tener en consideración en primer lugar la orientación, evitando en lo posible realizarlo en orientaciones Oeste; y segundo es incorporar protecciones solares en las orientaciones Oeste y Sur, y estas son mejores si se colocan en el exterior.

Otro artículo que se refiere al estudio térmico de los balcones fue realizado en Brasil<sup>2</sup>, que como en muchos países, también se ha vuelto una práctica muy usual el acristalamiento de los balcones. El estudio incluye la medición de las temperaturas exterior e interior, humedad del aire y la velocidad del viento de tres balcones de un mismo edificio de apartamentos y las consecuencias en el confort térmico que causa en este clima. Para el monitoreo se usó un sensor de clima, durante 6 días consecutivos por cada balcón. El análisis indicó que el acristalamiento es responsable de la ganancia de calor en el ambiente, que conlleva a una incomodidad térmica en el 80% de las horas del día, incluyendo las horas de las mañanas y las horas nocturnas.

Otro estudio interesante, “El balcón y la celosía”<sup>3</sup> que, aunque no estudia los balcones acristalados, si no solamente los de celosía; sí estudia los efectos en el confort lumínico y térmico, por lo que es una referencia de cómo abordar los dos temas para los balcones.

No obstante, ningún documento encontrado hasta el momento se enfoca en el estudio de la influencia que puede provocar el uso de las barandillas de vidrio en el confort ambiental de los espacios arquitectónicos próximos, por lo que es un espacio de investigación que puede ser de gran interés para ayudar a mejorar el confort de las residencias y el ahorro de energía.

---

<sup>2</sup> COELHO Erica, Engel de Alvarez Cristina, y Costa Reis Neyval. The influence of glazed balconies in the thermal comfort in an urban tropical region. SBE Series Brazil y Portugal #16. 2016

<sup>3</sup> AGÜERO Rafael. El Balcón y la celosía. Barcelona 2009



## **3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

---

### **3.1 HIPÓTESIS**

En terrazas donde hay gran incidencia solar, sin sombras arrojadas por otros edificios circundantes, el vidrio de la barandilla provocará un pequeño aumento de temperatura en la terraza debido a diversos factores como el incremento de radiación incidente en el pavimento, la reducción de ventilación y efecto invernadero, así como también deslumbramiento por el incremento de iluminación reflejada en el pavimento y por el incremento de luminancias en el campo visual hacia el interior, afectando el confort del usuario.

### **3.2 OBJETIVO GENERAL**

Identificar como influye el uso de las barandillas de vidrio de las terrazas de edificios residenciales, en el confort térmico y lumínico del usuario tanto exterior como interior y poder tener un primer acercamiento para su más adecuado uso según los factores que le afectan.

### **3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar inicialmente cómo la barandilla de vidrio afecta lumínicamente las terrazas mediante el estudio de una terraza en un edificio residencial.
- Determinar inicialmente cómo la barandilla de vidrio afecta térmicamente en las terrazas mediante el estudio de una terraza en un edificio residencial.
- Identificar los efectos lumínicos que producen las barandillas de vidrio y afectación al confort en los usuarios.
- Identificar qué efectos térmicos se manifiestan con la colocación de barandillas de vidrio y como afecta el confort de los usuarios.
- Analizar todos los datos obtenidos para poder dar recomendaciones iniciales con respecto al uso del vidrio en las barandillas en edificios residenciales.

## 4. METODOLOGÍA

---

El estudio se realizará por medio de dos métodos: mediciones de campo tanto cuantitativas como cualitativas con el fin de contrastar ambos datos y poder determinar conclusiones más acertadas asumiendo que las mediciones de campo se limitan a días específicos con luz solar y temperaturas de ambientes cambiantes.

Para tal efecto, se seleccionó el caso de estudio en un edificio residencial de San Cugat del Vallès (Barcelona) para poder realizar las respectivas mediciones y de esta manera poder analizar cómo influye en él el empleo de las barandillas de vidrio en cuanto a aportesa la iluminación y efectos térmicos. Una vez se recopilen los datos del edificio, se procederá al análisis y obtención de resultados para finalmente poder realizar las conclusiones del respectivo estudio.

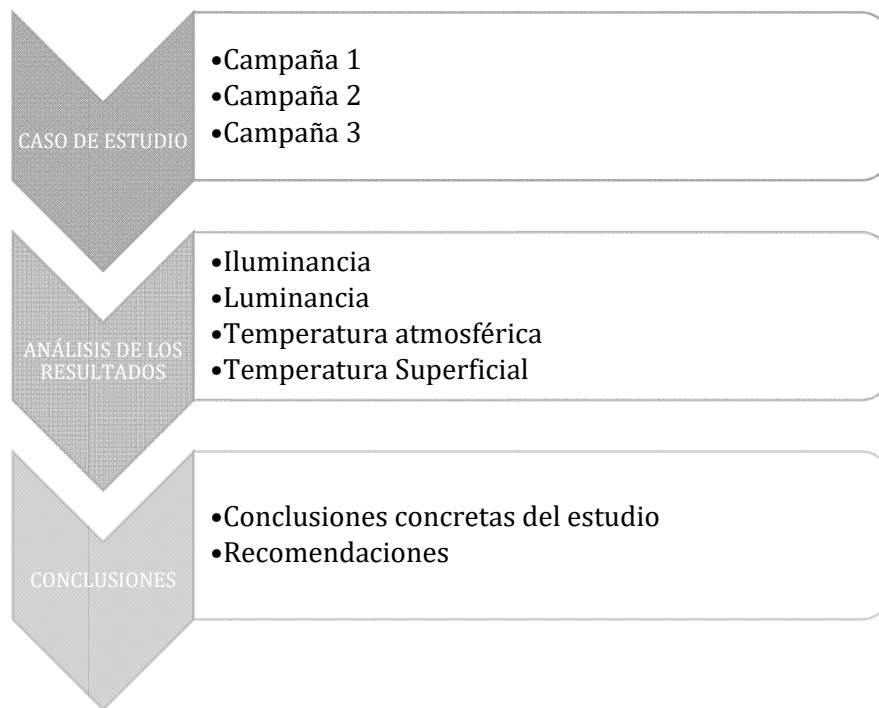


Figura 4-1 Esquema de la metodología a seguir para el análisis de datos. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de estudio, el proceso de toma de datos tendrá 3 campañas como se detallan a continuación.

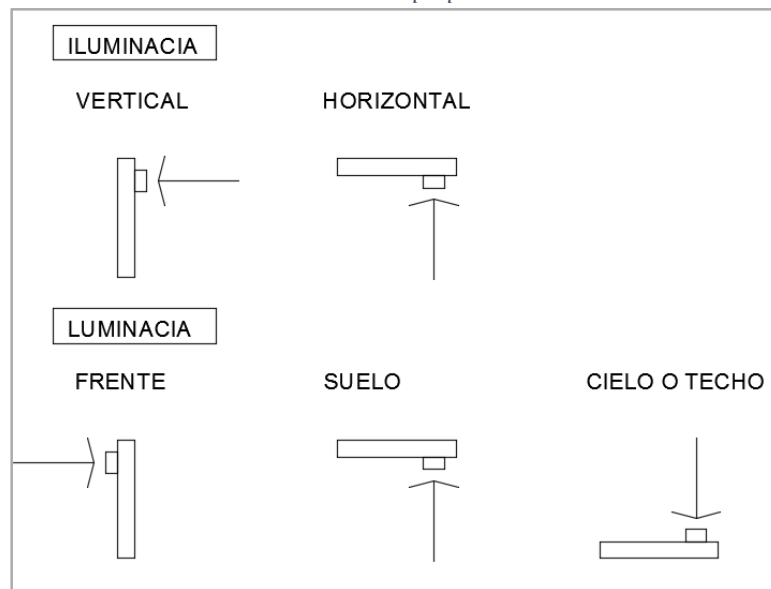
- **CAMPAÑA 1.** Día Viernes 26 de mayo de 2017
  - Día soleado, cielo claro
  - Barandilla con vidrio translucido, para esta campaña no se alteró ningún elemento del edificio, tomando los datos con la barandilla existente.
  - Se tomaron dos tipos de mediciones:
    - Campaña 1A: Mediciones cuantitativas de iluminancia, luminancia, temperaturas superficiales y ambientes.
    - Campaña 2A: Mediciones cualitativas térmicas del edificio, tomando fotografías infrarrojas.
- **CAMPAÑA 2.** Día Lunes 29 de mayo de 2017
  - Cielo parcialmente despejado
  - Barandilla opaca, para esta campaña se cubrió un tramo de las barandillas con papel Kraft color negro para simular una barandilla opaca.
  - Mediciones cuantitativas de iluminancia, luminancia, temperaturas superficiales y ambientes.

#### 4.1 MEDICIÓN DE LUZ

En las campañas 1 y 2 para las mediciones de luz se utilizó un luxómetro del modelo Hagner ScreenMaster, que permite medir la luminancia e iluminancia de 0.1 a 200,000 cd/m<sup>2</sup> y lux respectivamente. Tomando como superficies de trabajo en Iluminancia: vertical y horizontal; en Luminancia: frente, suelo y cielo o techo.



Figura 4-2 A la izquierda el luxómetro, Hagner ScreenMaster utilizado, y a la derecha las superficies de trabajo empleadas en las mediciones. Fuente: Elaboración propia.



## 4.2 MEDICIÓN TÉRMICA

Las mediciones se realizan con 3 diferentes aparatos. Para la campaña 1 y la campaña 2, la temperatura del aire y la humedad relativa se tomaron con un medidor de ambientes, con el modelo PCE-EM882. Las temperaturas superficiales tanto del suelo como la del vidrio de la barandilla se realizaron con un termómetro psicrométrico con la opción de láser infrarrojo. Por último, las fotografías termo gráficas de la campaña 3, se tomaron con la cámara infrarroja CAMi5.



Figura 4-3|Izquierda: Medidor de ambientes PCE-EM882. Centro: termómetro psicrométrico EXTECH RH401. Derecha: Cámara termo gráfica FLIR Systems CAMi5. Fuente: Elaboración propia.



## 5. CASO DE ESTUDIO

Se realizaron las mediciones en un edificio residencial de 4 plantas (colocar foto) ubicado en Carrer de Isidre Margenat 5 de San Cugat del Valles, Barcelona; Latitud  $41^{\circ}28'23.29''\text{N}$ , Longitud  $2^{\circ}4'1.81''\text{E}$ .



Figura 5-1 Mapa con la ubicación del apartamento. Fuente: Imágenes tomadas de Google Earth.



Figura 5-2 Vista de fachada Este desde la calle de acceso, donde se puede apreciar que el apartamento dispone de dos terrazas, una anterior a Sur y otra posterior a Norte. Fuente: Elaboración propia

Del edificio se estudiará el apartamento 4to piso y puerta 1, el cual posee dos terrazas, una en la orientación Sur y otra en la orientación Norte, ambas terrazas con una prolongación hacia el lado este. En el plano siguiente se puede observar la distribución del apartamento y las terrazas a analizar.

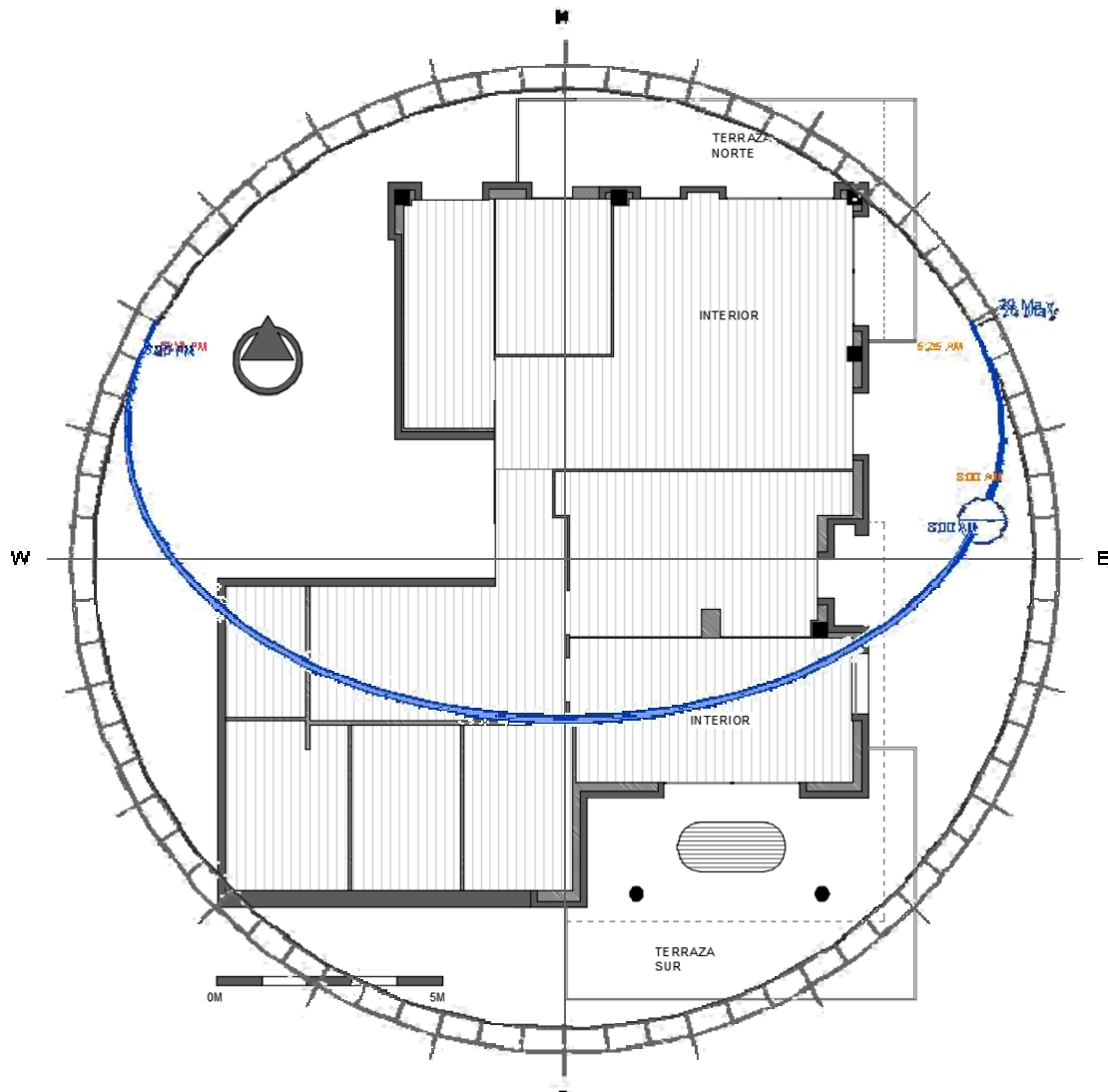


Figura 5-3 Planta arquitectónica superpuesta con el recorrido solar de los días 26 y 29 de mayo (días en que se hicieron las campañas 1 y 2). Fuente: Elaboración propia.

La terraza Sur cuenta con 34 m<sup>2</sup> y es la más amplia de las dos. Tiene solo una puerta de acceso y el techo de la terraza no alcanza a cubrirla toda (ver líneas con trazo discontinuo), teniendo puntos con mayor incidencia solar. Tomar en cuenta que ambas terrazas tienen algun tramo de barandillas orientadas al este y al Oeste.



*Figura 5-4 Fotografía desde el interior hacia la terraza Sur, tomada a las 12:36 del día 22 de mayo. Fuente: Elaboración propia.*

La terraza Norte tiene 19.60 m<sup>2</sup>, y es más estrecha que la terraza Sur, además esta cubierta casi por completa con techo. Esta terraza cuenta con dos entradas hacia el interior del apartamento, una con orientación Norte y la otra con orientación este.



*Figura 5-5 Fotografía desde el interior hacia la terraza Norte, tomada a las 17:36 del día 22 mayo y en la que se puede ver los dos accesos. Fuente: Elaboración propia.*

A continuación, se muestra un detalle de la barandilla existente del edificio de apartamentos.



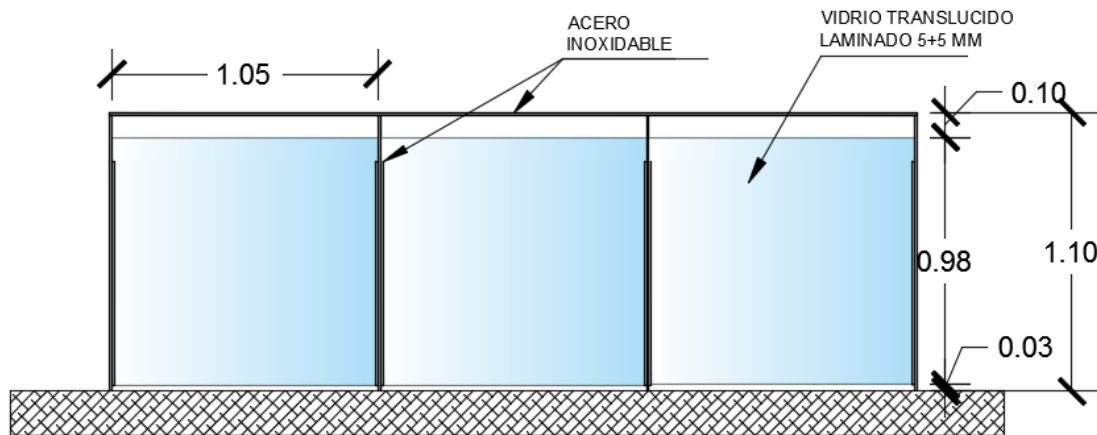


Figura 5-6 Detalle de la barandilla de vidrio translucido del apartamento. Fuente: Elaboración propia.

## 5.1 SELECCIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN

Se seleccionaron diferentes puntos de medición para la toma de datos, a los cuales se les adjudicó una nomenclatura para poder diferenciarlos. Para los puntos de mediciones de iluminación se iniciará con la letra "I" (iluminación) y para los puntos de energía térmica se iniciará con la letra "E" (energía).

### 5.1.1 Iluminación

Para las mediciones de la luz, debido a que la orientación Sur la terraza es más amplia, se tomaron dos valores. El punto (I1S) tomado 1.00 m de la barandilla y que no posee techo; el punto 2 del Sur (I2S) en un espacio medio del área que posee cubierta y; el punto 3 (I3S) en el interior del apartamento para poder analizar los efectos de la luz entre el exterior e interior.

En la orientación Norte al ser la terraza más pequeña se tomaron solo 2 puntos: el punto 1 (I1N) a 1.00 m de la barandilla y el punto 2 (I2N) en el interior del apartamento a la misma distancia de la puerta de acceso que la del Sur. El propósito además de la elección de estos puntos es de medir como afecta la luz a medida que nos vamos alejando de la barandilla.

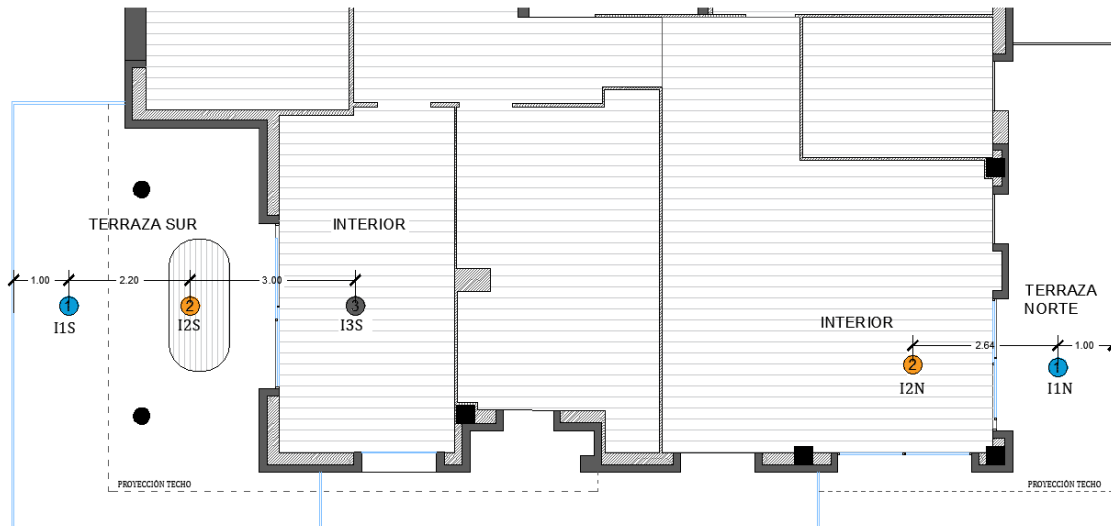


Figura 5-7 Planta arquitectónica, con los puntos de toma de datos seleccionados, tanto en la orientación Sur como en la Norte. Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2 Energía térmica

En cuanto a la energía térmica se pretende analizar dos tendencias.

- Como afecta la energía térmica a medida nos alejamos de la barandilla. Para ello se eligieron 3 puntos.

El primer punto (E1S y E1N) muy cerca de la barandilla, de manera que podamos ver que tanto influye en este punto la temperatura de la misma a los demás elementos (aire y suelo); el segundo punto (E2S y E2N) un poco más alejado de la barandilla y el tercer punto (E3S), que solo se mide en la terraza Sur por su amplitud, aún más alejado y más cerca del interior en el área con cubierta.

- La posibilidad que se dé un “efecto invernadero” o sobrecalentamiento con la barandilla translúcida.

Para ello se eligió un punto en cada terraza (E4S en la Sur y E3N en la Norte), específicamente en donde la terraza es más estrecha, de manera que se pueda medir de mejor manera este efecto donde, además, se tapó la separación de la parte inferior de la barandilla con el suelo (2.5cms) para evitar que el viento que entra pueda alterar significativamente las mediciones o disminuir el efecto. Se agregó un punto adicional cerca del punto anterior donde no se tapa la parte inferior (E5S en la Sur y E4N en la Norte), de manera que se puedan contraponer los datos y comparar si existe tal efecto o no. Se toma a consideración que estos puntos están en la orientación este, por lo que se han aprovechado para realizar comparaciones adicionales con esta orientación.

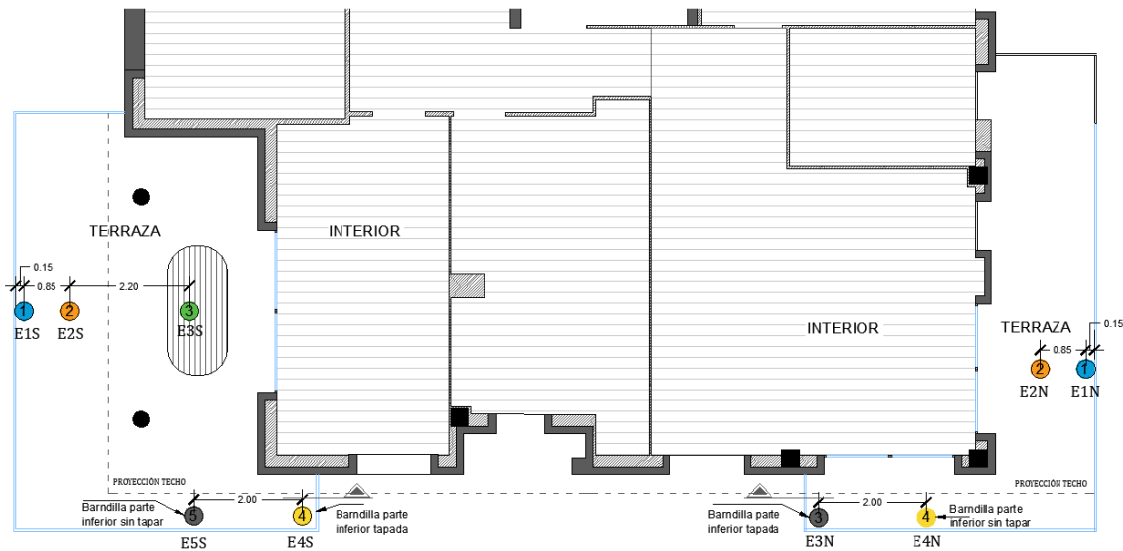


Figura 5-8 Planta arquitectónica con los puntos de energía térmica seleccionados, tanto para la orientación Norte como la Sur. Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 ACABADOS DE LAS SUPERFICIES

### 5.2.1 Acabados interiores del edificio

Los acabados de las diferentes superficies en las que inciden la radiación directa y la radiación difusa son las siguientes:

- El suelo de las terrazas es un pavimento de gres prensado esmaltado satinado, sin mucho efecto especular y con las sisas juntas un poco más oscuras.
- En el interior del apartamento el pavimento es un parquet de madera amarillento sin mucho efecto de brillo.
- Las paredes del interior del apartamento presentan un acabado uniforme con pintura mate de color blanco puro, al igual que el techo.
- Las paredes del exterior son de ladrillo de barro visto de color rojizo.
- El techo de la terraza es un acabado uniforme con pintura de color gris muy claro.
- Las barandillas de ambas terrazas son de vidrio translucido, color blanco con estructura de acero inoxidable pulido brillante.

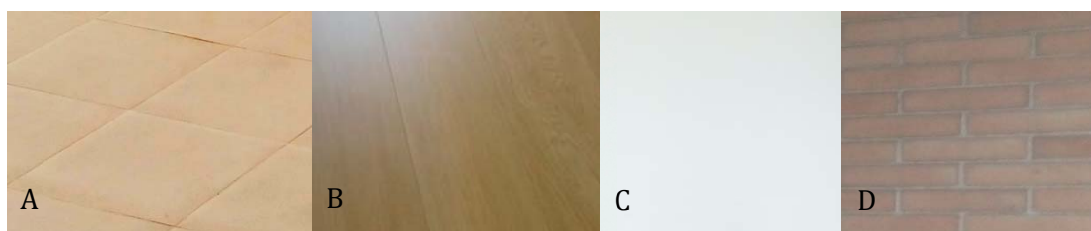
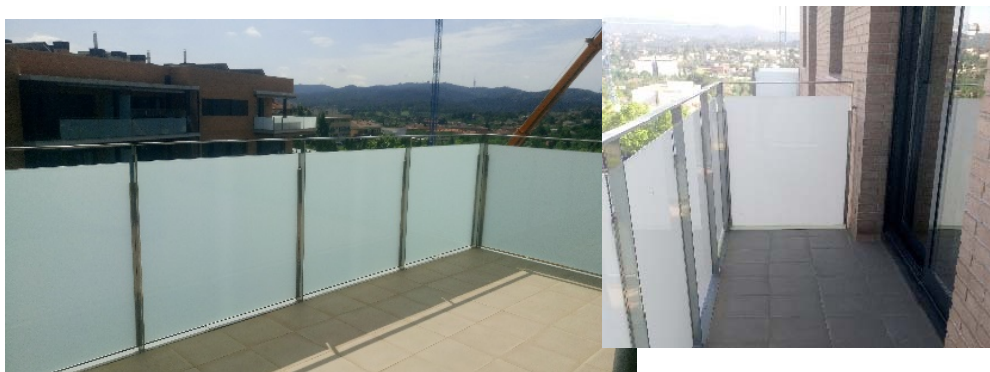


Figura 5-9 Fotografías A: piso de las terrazas, B: piso del interior del apartamento, C: acabados del cielo de las terrazas, D: paredes exteriores. Fuente: Elaboración propia.

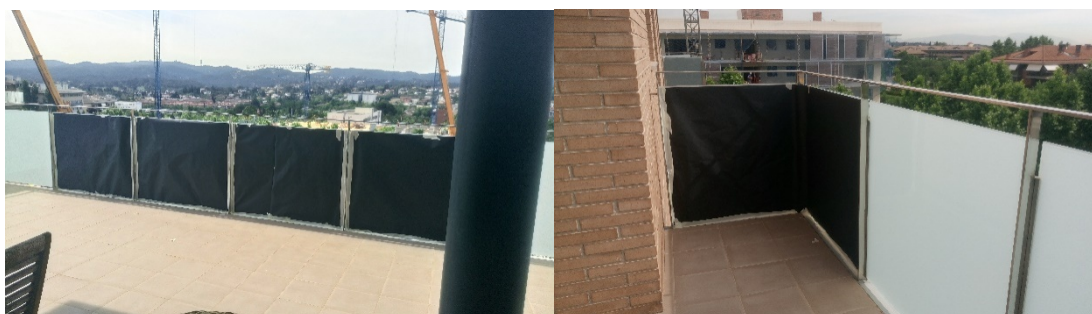
### 5.2.2 Tipos de barandilla

En la campaña 1, se tomaron los datos con la barandilla de vidrio translúcida existente, a excepción del punto donde se estudiará el posible “efecto invernadero”, donde se colocó un zócalo la parte inferior de la barandilla para evitar la ventilación de la misma. Se puede ver en la fotografía de la derecha.



*Figura 5-10 En la izquierda, fotografía de la barandilla existente en la terraza Sur. En la derecha, se observa en la barandilla de la esquina la cinta para tapar el hueco de separación entre el suelo y el vidrio en el punto P3NT. Fuente: Elaboración propia.*

Para la campaña 2, se colocó un papel para la simulación de un material opaco en la barandilla. Se seleccionó el color negro, para enfatizar el estudio en el caso contrario de la barandilla translúcida de vidrio, la cual tiende a ser de color blanco.



*Figura 5-11 A la izquierda: Colocación del papel en la terraza Sur, a la derecha, colocación del papel para el punto 4 de la orientación Sur (P4SO). Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 5-12 A la izquierda: colocación del papel en la terraza Norte. A la derecha: colocación del papel para el punto 3 de la orientación Norte (P3NO). Fuente: Elaboración propia.*



## 6. ANÁLISIS DE DATOS

---

Para el análisis de datos se ha utilizado una nomenclatura para cada condición de los puntos, los cuales serán los mismos del apartado 5.1. Adicionalmente, para diferenciar entre la campaña 1 y la campaña 2, en la campaña 1 con vidrio translucido a cada punto, tanto de iluminación como de energía térmica, se le ha agregará de ahora en adelante la letra “T”, y de la misma manera en la campaña 2 se le agregará la letra “O”. Así mismo para

### CAMPAÑA 1A:

- Iluminación orientación Sur
  - I1ST, I2ST, I3ST
- Iluminación orientación Norte
  - I1NT, I3NT
- Energía térmica orientación Sur
  - E1ST, E2ST, E3ST, E4ST, E5ST
- Energía térmica en la orientación Norte
  - E1NT, E2NT, E3NT, E4NT

### CAMPAÑA 1B:

- Iluminación orientación Sur
  - I1ST, I2ST, I3ST
- Iluminación orientación Norte
  - I1NT, I3NT
- Energía térmica orientación Sur
  - E1ST, E2ST, E3ST, E4ST, E5ST
- Energía térmica en la orientación Norte
  - E1NT, E2NT, E3NT, E4NT

### CAMPAÑA 2:

- Iluminación orientación Sur
  - I1SO, I2SO, I3SO
- Iluminación orientación Norte
  - I1NO, I3NTO
- Energía térmica orientación Sur
  - E1SO, E2SO, E3SO, E4SO, E5SO
- Energía térmica en la orientación Norte
  - E1NO, E2NO, E3NO, E4NO

## 6.1 CAMPAÑA 1: DÍA SOLEADO Y BARANDILLA DE VIDRIO TRANSLUCIDO (T)

DIA:	VIERNES 26 MAYO DE 2017
CONDICIÓN CLIMATICA:	SOLEADO Y CIELO CLARO
TIPO DE BARANDILLA:	TRANSLÚCIDA
UBICACIÓN:	SAN CUGAT DEL VALLES
Latitud	41°28'23.29"N
Longitud	2° 4'1.81"E

### Datos Meteorológicos de la Estación San Cugat del día de medición.

Temperatura Max:	27.3 °C
Temperatura Media:	20.5 °C
Temperatura Min:	15.4 °C
Irradiación global:	8,027.84 Wh/m <sup>2</sup>
Viento predominante:	Sureste
Velocidad promedio de viento:	22.7 km/h
Humedad relativa promedio:	69%

### 6.1.1 Radiación directa

En la tabla siguiente podemos observar en las casillas coloreadas cuando hubo radiación directa.

RADIACIÓN DIRECTA EN PUNTOS DE ILUMINACIÓN					
HORA +2 GMT (verano)	SUR			NORTE	
	I1ST	I2ST	I3ST	I1NT	I2NT
8:00					
9:00					
10:00					
11:00					
12:00					
13:00					
14:00					
15:00					
16:00					
17:00					
18:00					
19:00					

Tabla 6-1 Radiación directa en los puntos de iluminación tanto en la orientación Sur como en la Norte. Fuente: Elaboración propia.

RADIACIÓN DIRECTA EN PUNTOS DE ENERGÍA TÉRMICA, ORIENTACIÓN SUR										
HORA +2 GMT (verano)	SUELO					BARANDILLA				
	E1ST	E2ST	E3ST	E4ST	E5ST	E1ST	E2ST	E3ST	E4ST	E5ST
8:00										
9:00										
10:00										
11:00										
12:00										
13:00										
14:00										
15:00										
16:00										
17:00										
18:00										
19:00										

Tabla 6-2 Radiación directa en los puntos seleccionados de energía térmica, tanto en suelo como en la barandilla

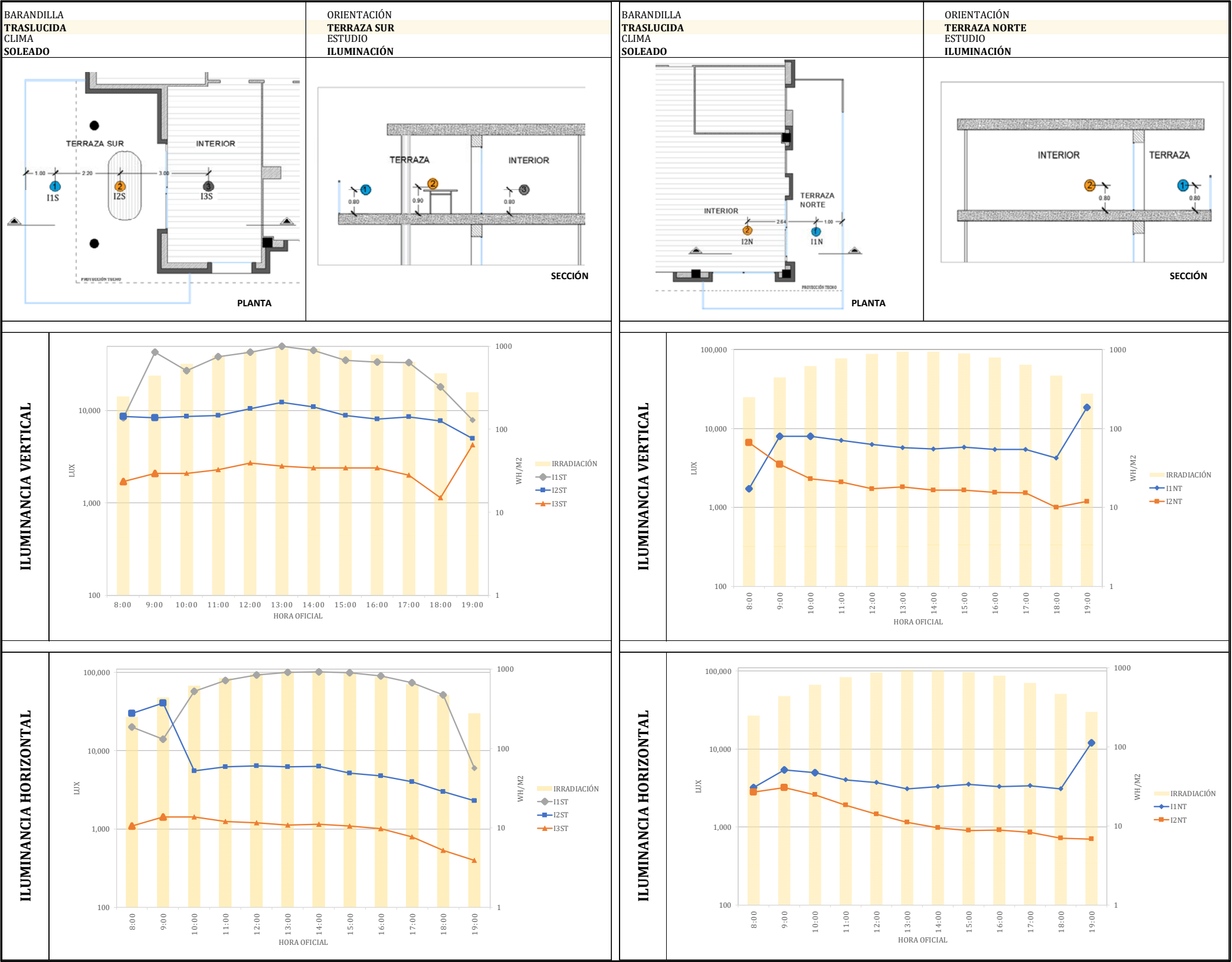
RADIACIÓN DIRECTA EN PUNTOS DE ENERGÍA TÉRMICA ORIENTACIÓN NORTE								
HORA +2 GMT (verano)	SUELO				BARANDILLA			
	E1NT	E2NT	E3NT	E4NT	E1NT	E2NT	E3NT	E4NT
8:00								
9:00								
10:00								
11:00								
12:00								
13:00								
14:00								
15:00								
16:00								
17:00								
18:00								
19:00								

para la orientación Sur. Fuente: Elaboración propia.



*Tabla 6-3 Radiación directa en los puntos seleccionados de energía térmica, tanto en suelo como en la barandilla para la orientación Norte. Fuente: Elaboración propia.*

6.1.2 Medición de luz

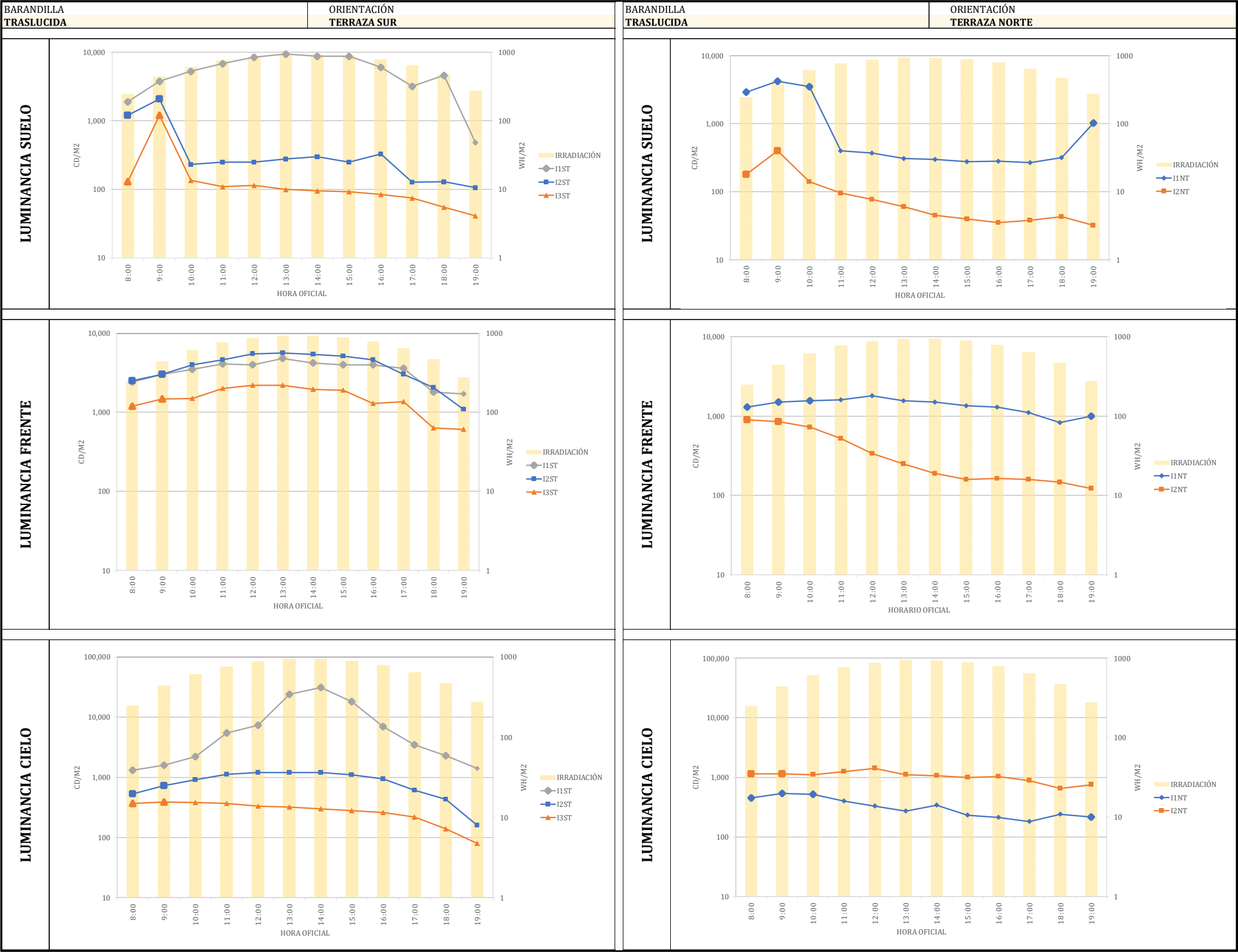


Ficha 6-1Mediciones de Luz, Iluminancia vertical y horizontal con barandillatranslúcida. Fuente: Elaboración propia.

La iluminancia vertical es mayor en la terraza Sur debido a la exposición directa del sol y disminuye gradualmente cuando se va acercando al interior, sin embargo, en el espacio interior de ambas orientaciones (I3ST Y I2NT) los valores son muy similares, esto puede ser debido a que en la terraza Sur existe una puerta lateral adicional donde entra más cantidad de luz y la distancia entre el interior a la barandilla es mucho menor.

De las 9:00 a las 10:00 en el I1ST la iluminancia vertical es muy cambiante, causado a que, en las primeras dos horas del día existe radiación directa en el pavimento cerca de la barandilla y luego a partir de las 10:00 existe sombra proyectada por las mismas barandillas, por lo que la reflexión de la luz en el pavimento se reduce para luego aumentar poco a poco según la intensidad de radiación del día.

De igual forma se observa el comportamiento de la iluminancia horizontal, I1\_ es mucho mayor en la terraza Sur y, en los puntos interiores en el Norte es mayor las primeras dos horas debido a la entrada de sol directo por la puerta este en la mañana. En IS2T las primeras dos horas existe radiación directa en el plano horizontal, por lo que los valores son mucho mayores al resto.



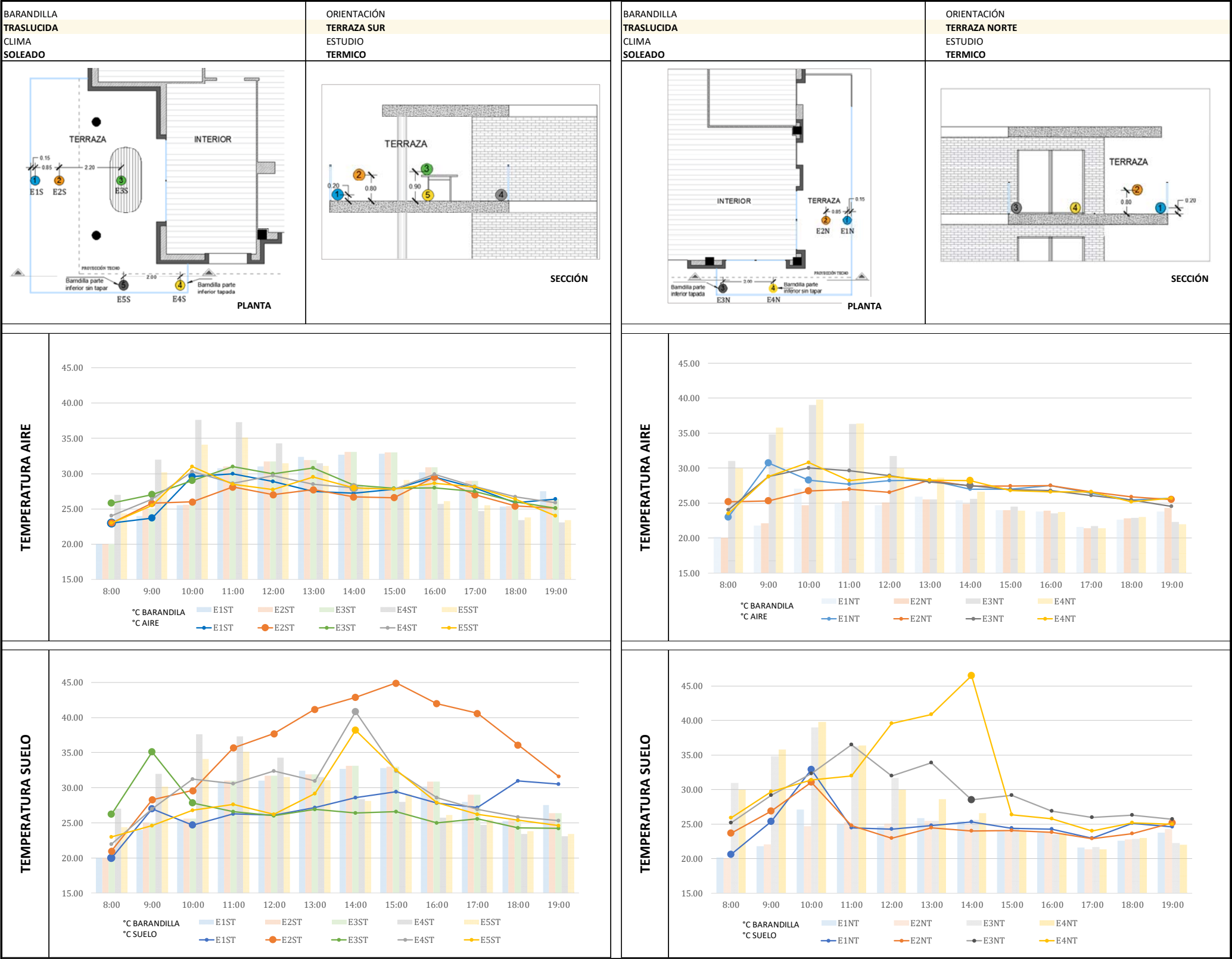
La luminancia del suelo en la terraza Sur es mucho mayor en el IS1T, debido a la radiación directa en el mismo. En I2T- de ambas orientaciones y I3ST, ocurre el mismo fenómeno, obteniendo picos donde la radiación es directa, pero con menor intensidad.

Para la luminancia frontal en I1ST y I2ST no existe mucha diferencia de valores, sin embargo, en I3ST disminuye al tener más obstrucciones visuales con el exterior. En la orientación Norte, debido a que no hay radiación directa, la luminancia se mantiene estable en I1NT; y en el I2NT losvalores bajan progresivamente, pues se tiene la radiación en las primeras horas en la parte este de la terraza. Hay que agregar que en la orientación Sur los valores de luminancia siguen la tendencia de la irradiación del día.

En cuanto a las mediciones del cielo, en I1ST es el único punto donde no existe techo, por lo que los valores son más altos al ser tomados hacia el cielo. A medida hay más distancia hacia el interior con cielo cubierto, la luminancia va disminuyendo tanto en la terraza Sur como la Norte, los valores de los puntos del interior de ambas orientaciones son similares, siendo en la Norte un poco mayor al tener la puerta

Ficha 6-2Mediciones de luz, Luminancias de suelo, frente y cielo o techo con barandillas translúcidas. Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Medición de energía térmica



Se puede observar en las gráficas que cuando existe radiación directa (terrazza Sur) la temperatura de las barandillas está, en su mayoría, con valores superiores que la del aire y ocurre a la inversa cuando no existe radiación directa (terrazza Norte).

En la temperatura del suelo con respecto a la de la barandilla, cuando existe radiación directa en el suelo ésta es mucho mayor que la de la barandilla, como se observa en el E2ST de la orientación Sur y en el E4NT de la Norte. En cambio, cuando el suelo permanece en sombra, la temperatura de la barandilla suele ser mayor.

En el punto más cercano a la barandilla, tenemos la proyección de sombra de la misma, por tanto, tenemos que en E1ST los valores son mucho menores que en E2ST donde la radiación solar es constante, en E3ST disminuye nuevamente la temperatura al estar en sombra y mucho más distante de la barandilla. En el Norte, el suelo está con mayor temperatura donde hay radiación directa, que es en la parte este de la terraza (E3NT y E4NT) en las horas de la mañana y algunas pocas horas en los demás puntos y donde se pueden apreciar algunos picos, por ejemplo, a las 10:00 en E1NT y E2NT. Luego donde permanece en sombra se mantienen las temperaturas muy similares entre la barandilla y el suelo. E4NT tiene un pico elevado hasta donde recibe la radiación directa, luego desciende drásticamente al estar el resto de la tarde en sombra. E3NT tiene valores más bajo debido a que tiene más proyecciones de sombra debido a la parte de la barandilla que está en el Sur.

Ficha 6-3 Mediciones de temperaturas de la barandilla translúcida con respecto al aire y al suelo, tanto para la orientación Sur como la Norte.Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 CAMPAÑA 2: DÍA NUBLADO Y BARANDILLA OPACA (0)

DIA:	LUNES 29 MAYO
CONDICIÓN CLIMATICA:	NUBLADO
TIPO DE BARANDILLA:	OPACO
UBICACIÓN:	SAN CUGAT DEL VALLES
Latitud	41°28'23.29"N
Longitud	2° 4'1.81"E

### Datos Meteorológicos de la Estación San Cugat

Temperatura Max:	27.6 °C
Temperatura Media:	20.9 °C
Temperatura Min:	13.7 °C
Irradiación global:	6,416.72 Wh/m2
Viento predominante:	Sur
Velocidad promedio de viento:	25.9 km/h
Húmeda relativa:	52%

### 6.2.1 Radiación directa

RADIACIÓN DIRECTA EN PUNTOS DE ILUMINACIÓN					
HORA +2 GMT (verano)	SUR			NORTE	
	I1SO	I2SO	I3SO	I1NO	I2NO
9:00					
10:00					
11:00					
12:00					
13:00					
14:00					
15:00					
16:00					
17:00					
18:00					
19:00					

Tabla 6-4 Radiación directa en los puntos de iluminación tanto en la orientación Sur como en la Norte. Fuente: Elaboración propia.

RADIACIÓN DIRECTA EN PUNTOS DE ENERGÍA TÉRMICA, ORIENTACIÓN SUR										
HORA +2 GMT (verano)	SUELO					BARANDILLA				
	E1SO	E2SO	E3SO	E4SO	E5SO	E1SO	E2SO	E3SO	E4SO	E5SO
9:00										
10:00										
11:00										
12:00										
13:00										
14:00										
15:00										
16:00										
17:00										
18:00										
19:00										

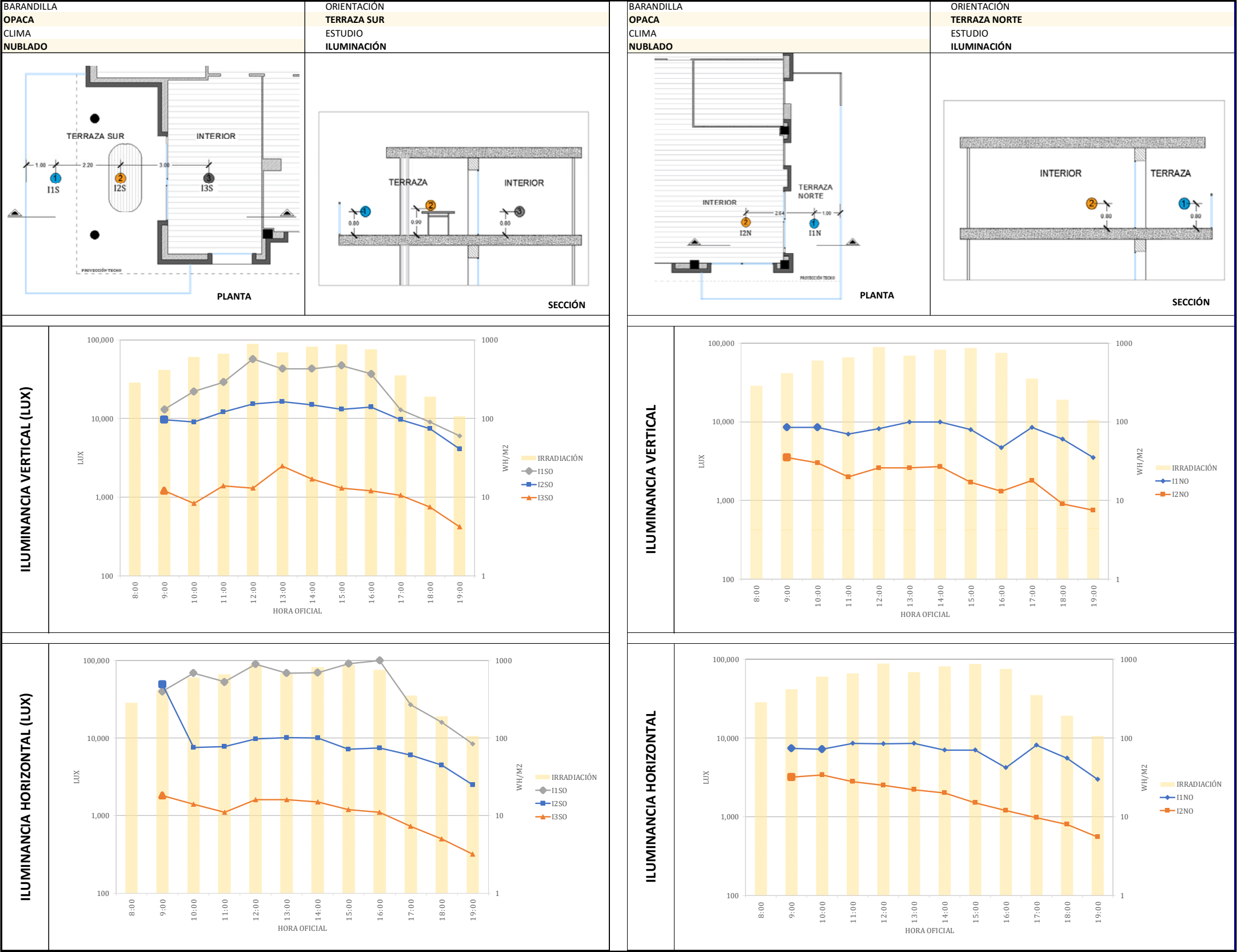
Tabla 6-5 Radiación directa en los puntos seleccionados de energía térmica, tanto en suelo como en la barandilla para la orientación Sur. Fuente: Elaboración propia.

RADIACIÓN DIRECTA EN PUNTOS DE ENERGÍA TÉRMICA, ORIENTACIÓN NORTE								
H HORA +2 GMT (verano)	SUELO				BARANDILLA			
	E1NO	E2NO	E3NO	E4NO	E1NO	E2NO	E3NO	E4NO
9:00								
10:00								
11:00								
12:00								
13:00								
14:00								
15:00								
16:00								
17:00								
18:00								
19:00								

Tabla 6-6 Radiación directa en los puntos seleccionados de energía térmica, tanto en suelo como en la barandilla para la orientación Norte. Fuente: Elaboración propia.



6.2.2 Medición de luz

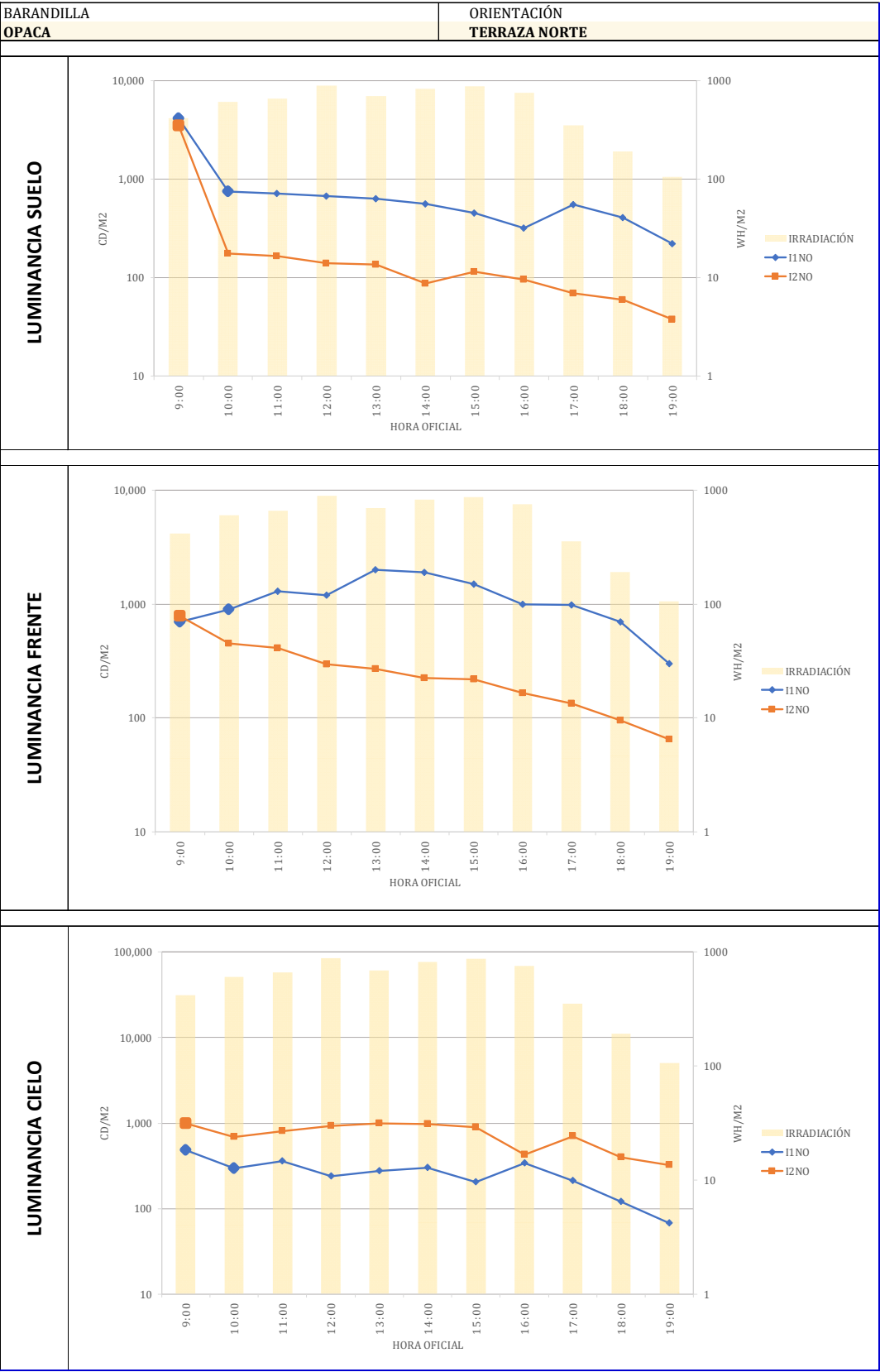
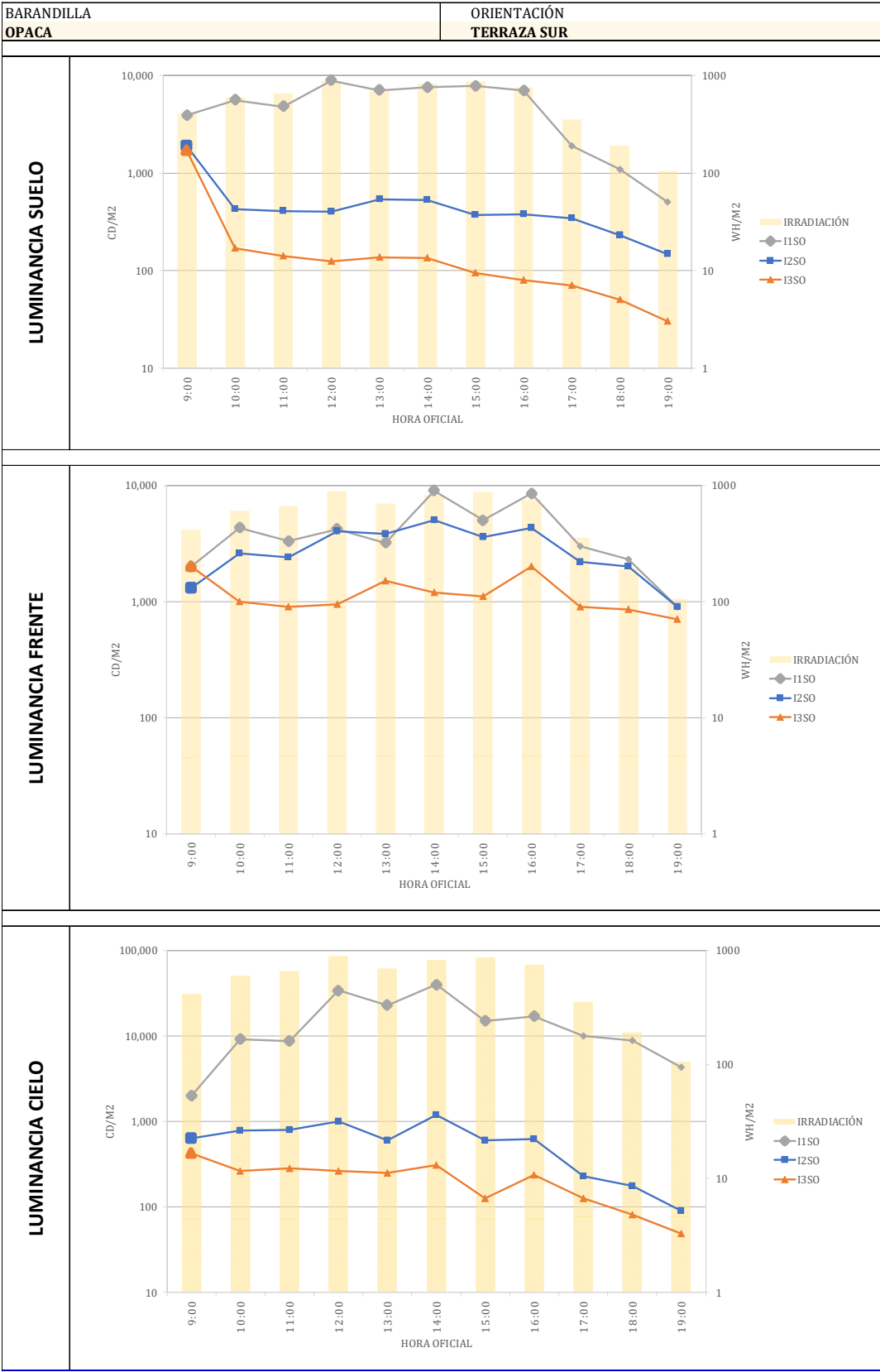


Con la barandilla opaca la iluminancia vertical es mayor en la terraza Sur debido a la exposición directa del sol, aun con el cielo parcialmente despejado, y disminuye conforme nos alejamos de la barandilla, llegando a una diferencia más considerable en el interior Sur (I3SO), ya que en el interior Norte (I2NO) por la puerta lateral adicional entra más cantidad de luz y hay menos distancia entre el interior a la barandilla.

El comportamiento de la iluminancia horizontal es muy similar, sin embargo, hay más diferencia entre el I1SO y I2SO de la terraza Sur. Además, I1-O es mucho mayor en la terraza Sur por la radiación directa que los demás puntos de ambas orientaciones, debido a que es el único punto con exposición directa del sol, sin embargo, al ser un día nublado, se observan picos que descienden que es donde la intensidad de la radiación se ve más obstruida por las nubes y, en los puntos interiores, I2NO del Norte es mayor que I3SO debido a la entrada de sol directo por la puerta este en la mañana.

Se puede observar además que el I1SO, el cual es el único punto sin techo, sigue la misma tendencia que los valores de irradiación del día, confirmando así la irregularidad de la intensidad de la

Ficha 6-4 Mediciones de Luz, Iluminancia vertical y horizontal con barandilla opaca. Fuente: Elaboración propia.



La luminancia del suelo es mayor en el I1SO por la radiación directa. En I2SO y I1NO se comportan de manera similar pues tienen condiciones muy parecidas al tener cubierto el cielo con el techo, al igual que los puntos interiores I3SO y I2NO tienen valores muy parecidos a pasar de estar en diferentes orientaciones.

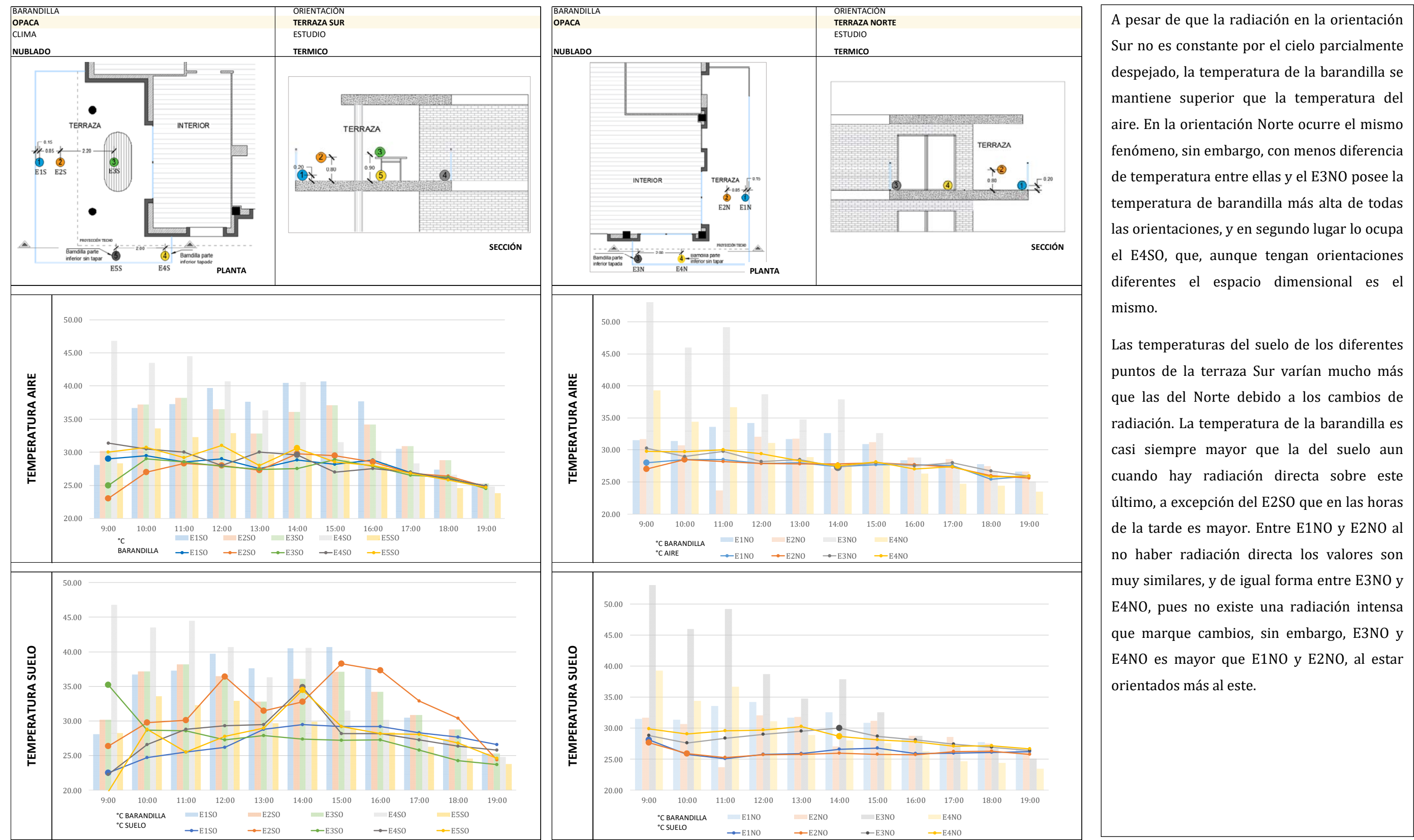
En la luminancia de frente, debido al clima los valores se ven más afectados en la orientación Sur donde la radiación es mayor. I1SO y I2SO muestran tendencias muy similares y no hay tanta diferencia de valores con respecto a I3SO como en las otras mediciones. I1NO sigue siendo menor que el punto Sur y el I2NO es mucho menor que el I3SO aún con la entrada de luz de la puerta este que posee adicional esta terraza. Esto debido a que existen menos reflexiones con la barandilla opaca hacia el frente.

En el cielo I1ST por la radiación directa posee los valores más altos. A medida nos alejamos de la barandilla los valores van disminuyendo progresivamente sin tener picos muy altos, sin embargo, I2NO en el interior es mayor que el exterior I1NO, ya que I2NO tiene una entrada mayor de luz en la parte este.

Ficha 6-5 Mediciones de luz, Luminancias de suelo, frente y cielo o techo con barandilla opaca. Fuente: Elaboración propia.



6.2.3 Medición de energía térmica



A pesar de que la radiación en la orientación Sur no es constante por el cielo parcialmente despejado, la temperatura de la barandilla se mantiene superior que la temperatura del aire. En la orientación Norte ocurre el mismo fenómeno, sin embargo, con menos diferencia de temperatura entre ellas y el E3NO posee la temperatura de barandilla más alta de todas las orientaciones, y en segundo lugar lo ocupa el E4SO, que, aunque tengan orientaciones diferentes el espacio dimensional es el mismo.

Las temperaturas del suelo de los diferentes puntos de la terraza Sur varían mucho más que las del Norte debido a los cambios de radiación. La temperatura de la barandilla es casi siempre mayor que la del suelo aun cuando hay radiación directa sobre este último, a excepción del E2SO que en las horas de la tarde es mayor. Entre E1NO y E2NO al no haber radiación directa los valores son muy similares, y de igual forma entre E3NO y E4NO, pues no existe una radiación intensa que marque cambios, sin embargo, E3NO y E4NO es mayor que E1NO y E2NO, al estar orientados más al este.

### 6.3 CAMPAÑA 3: DÍA SOLEADO Y BARANDILLA DE VIDRIO, DATOS CUALITATIVOS

Se considerarán los mismos datos meteorológicos de la Campaña 1. Para la toma de las fotografías solo se tomaron en cuenta 4 puntos: los puntos E1ST y E1NT que están cerca de la barandilla, en las orientaciones Sur y Norte respectivamente; y los puntos E4ST y E3NT, donde es posible que pueda haber más sobrecalentamiento.

Se muestra un plano con la ubicación de estos puntos para una mejor referencia, además de los renders de la ubicación exacta donde se tomaron las fotografías como referencia para la imagen de colores de temperaturas y donde se podrá verificar los materiales que existe en cada punto.

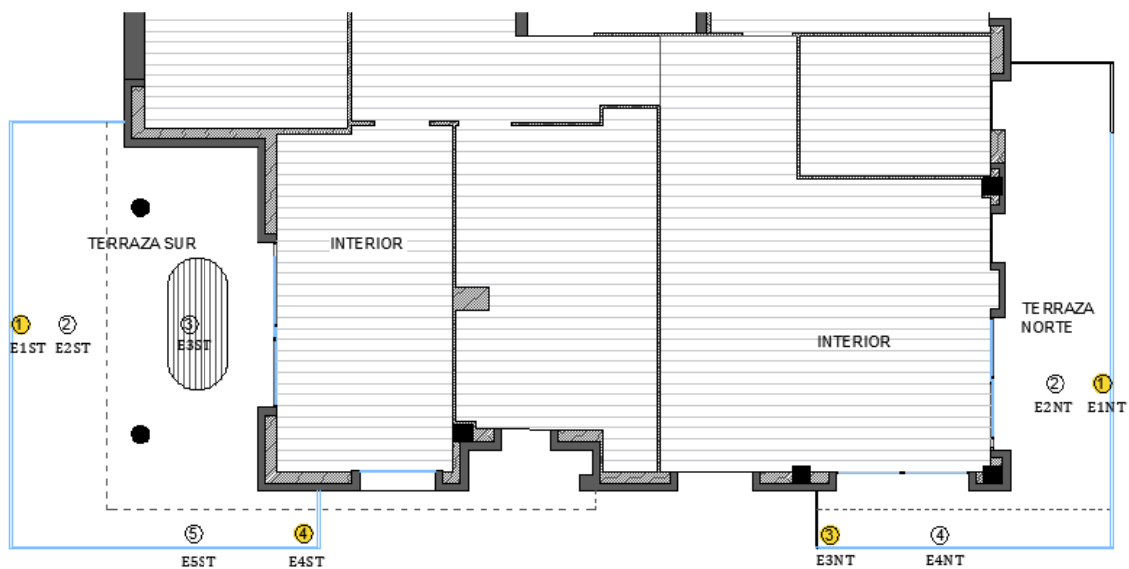


Figura 6-1 Planta arquitectónica, donde se señala con color amarillo los puntos tomados en cuenta para las respectivas tomas de fotografías.

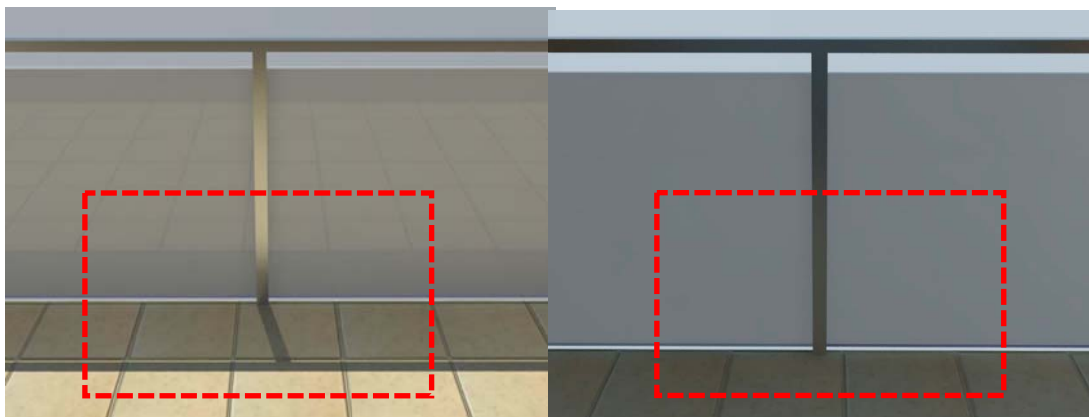
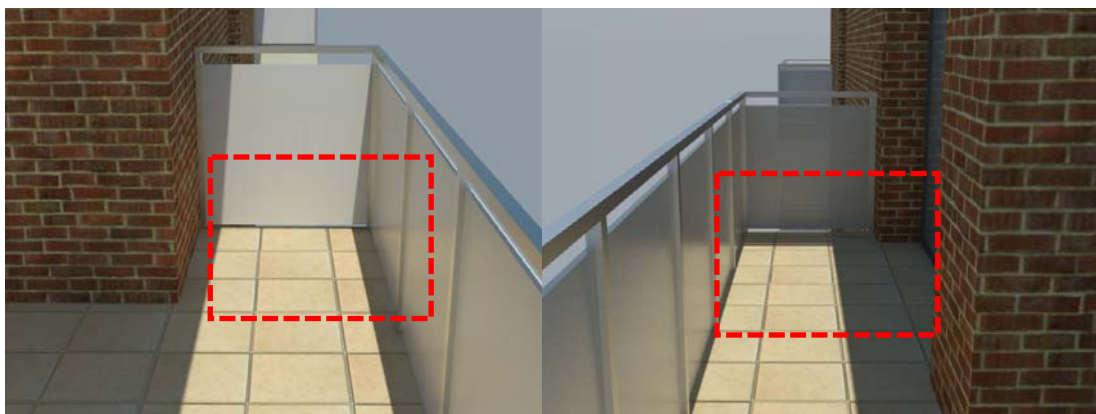
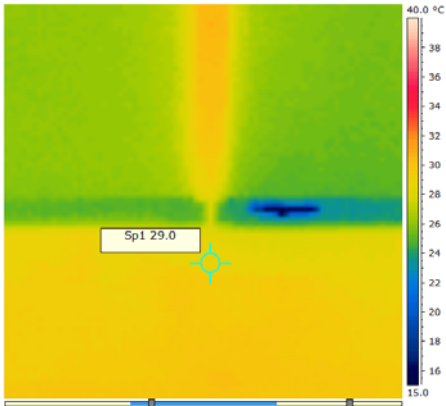
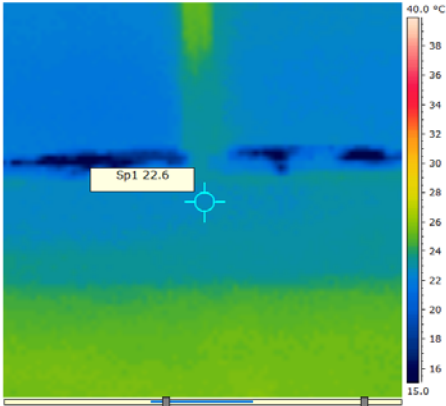
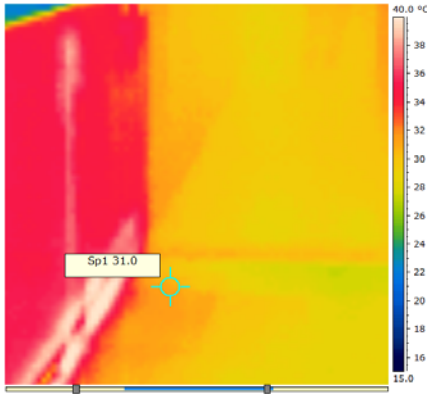


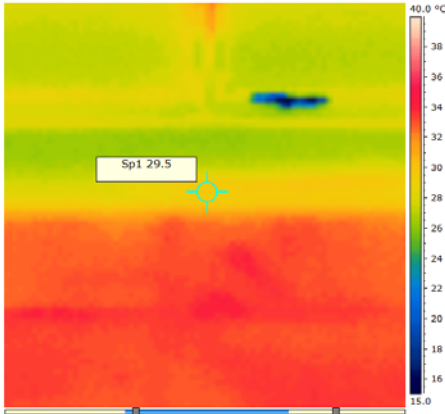
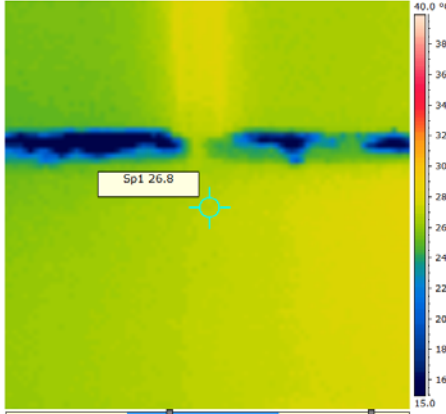
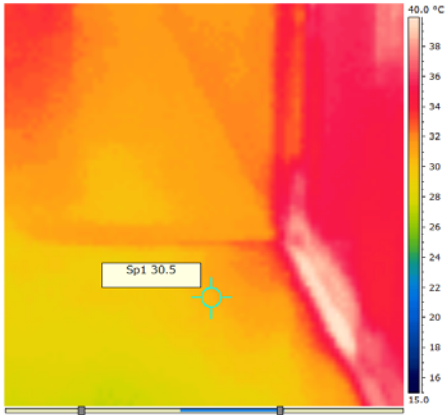
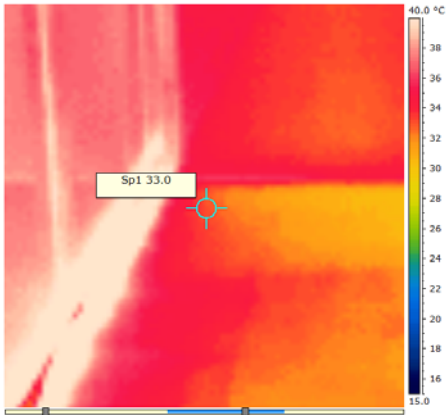
Figura 6-2. Imágenes del punto E1\_T, señalando la zona de la toma con la cámara termo-gráfica. A la izquierda el punto E1ST y a la derecha el punto E1NT. Ambas imágenes fueron simuladas para las 14:00 hora oficial cuando el sol está en el punto más alto.

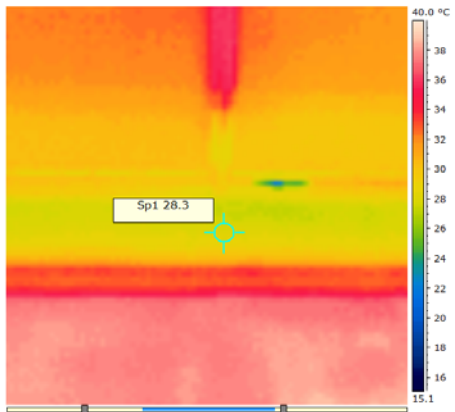
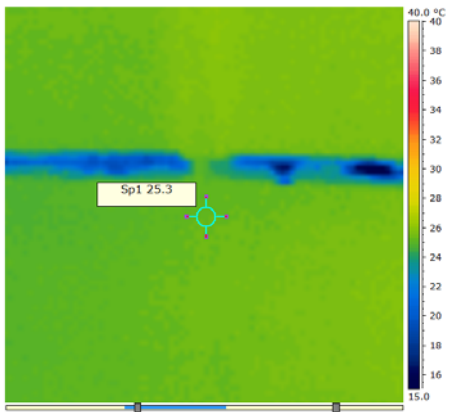
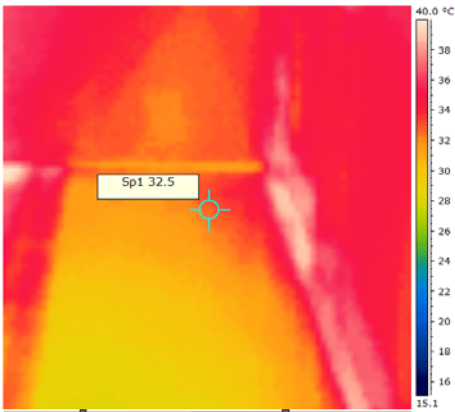
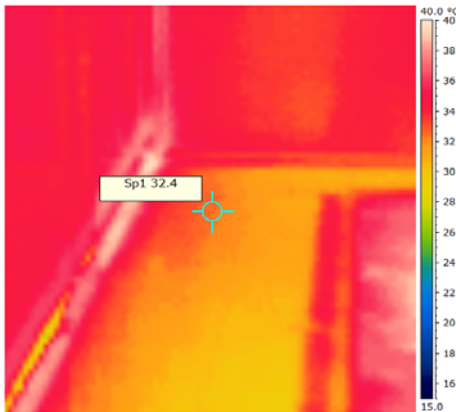


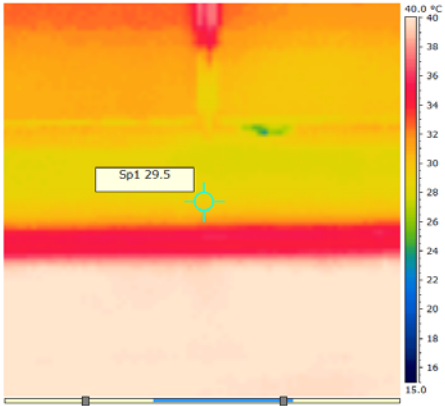
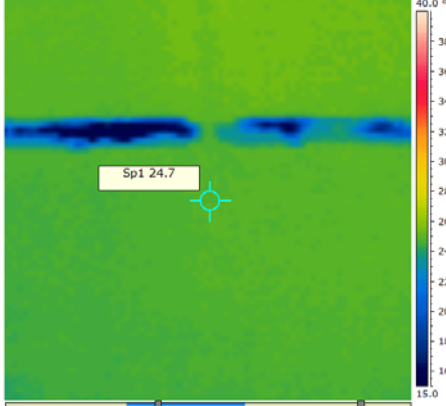
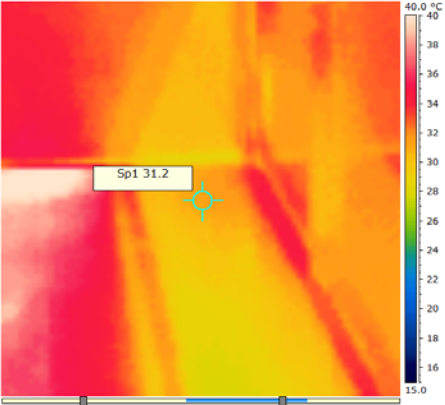
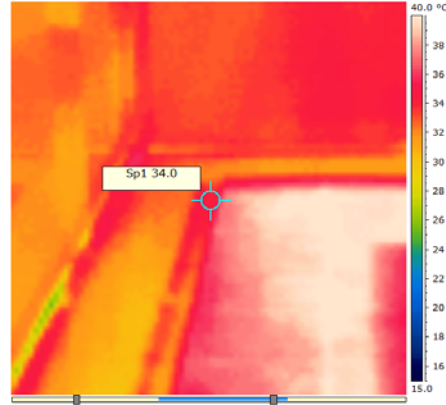
*Figura 6-3 Imágenes con el punto E4ST a la izquierda y el punto E3NT a la derecha, en las cuales se señala la zona de la toma con la cámara termo-gráfica para las 14:00 hora oficial, cuando el sol está en el punto más alto.*

A continuación, se presenta la ficha con la foto infrarroja de cada punto a cada hora del día que se realizó la medición. De manera que se pueda realizar una comparación rápida de orientaciones y ubicación de puntos desde las 9:00 hasta las 19:00 (hora oficial) del día 26 de mayo.

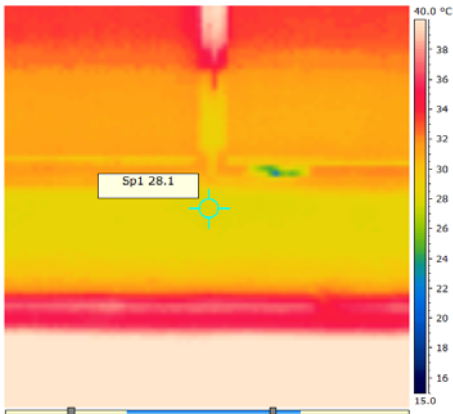
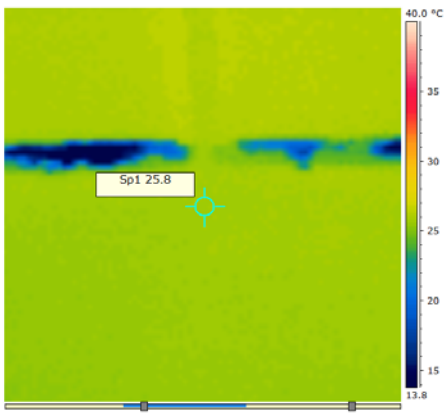
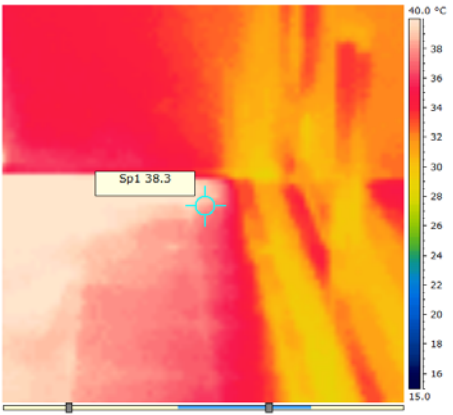
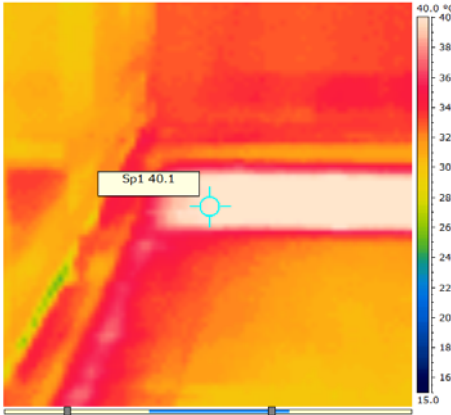
HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
9:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	<p>(No disponible)</p> <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>En las primeras horas del día la temperatura del suelo de la orientación Sur muestra ya valores mucho más elevados que la orientación Norte. Tanto en las orientaciones Norte y Sur se puede observar que el suelo más cercano a la barandilla tiene temperatura similar a la misma y a medida que se va alejando de ella se va calentando. El espacio más azul en las fotos superiores es la separación entre el suelo y la barandilla donde se encuentra la abertura.</p> <p>En E3NT, al tener orientación este, había radiación directa en la parte exterior de la barandilla, por lo que ésta se encuentra con temperaturas superiores que el suelo.</p>	

HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
10:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	 <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>En E1ST, se puede observar la sombra que proyecta la barandilla al suelo en color verde, provocando que este tenga temperaturas similares a la misma, pero en el resto del suelo donde ya hay radiación directa la temperatura sube rápidamente. En contraste con el mismo punto Norte, el E1NT, donde el suelo tiende a tener la misma temperatura de la barandilla sin muchos cambios.</p> <p>En las fotos inferiores se puede observar que E3NT está a temperaturas más elevadas que E4STy la parte inferior que ha sido tapada con cinta es la región más caliente. En ambos casos, el pavimento más cercano a la barandilla es el que tiene temperatura más elevada, especialmente en la terraza Norte y tomando en cuenta que el suelo tiene la proyección de la sombra de la barandilla para los dos puntos.</p>	

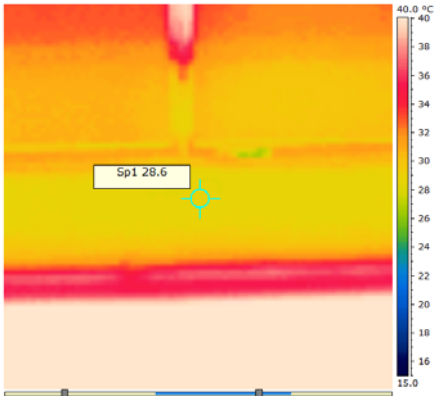
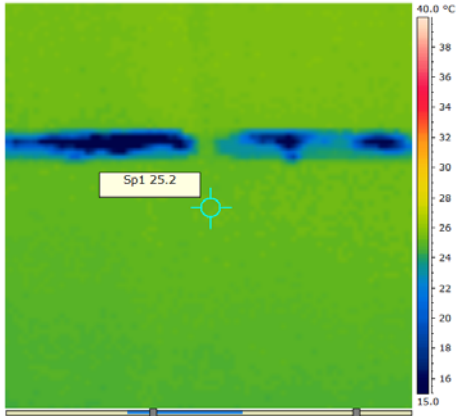
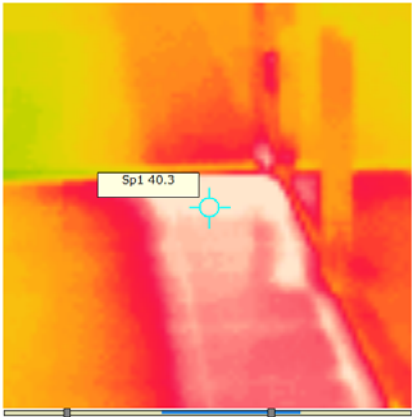
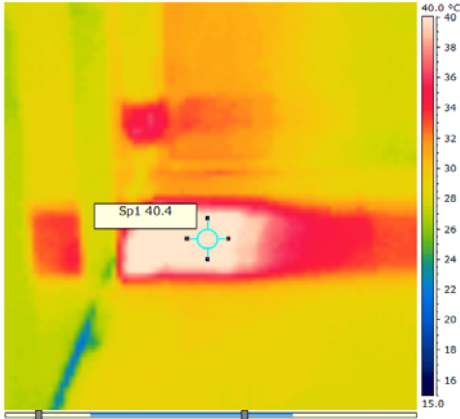
HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
11:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	 <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<b>COMENTARIOS:</b> <p>La temperatura en el suelo en donde se encuentra la sombra proyectada de E1ST es menor que la temperatura de la barandilla, y luego se eleva drásticamente al tener la radiación directa del sol sobre el pavimento; en cambio en E1NT la temperatura es uniforme en todos los materiales a una temperatura promedio de 25°, la mancha azul es donde no existe material y está más ventilada.</p> <p>En los puntos E4ST y E3NT no existe radiación directa pues se proyecta sombra de la barandilla, provocando que esté a una temperatura menor a la de la barandilla. Ambas orientaciones se comportan de manera similar.</p> <p>A pesar que la barandilla es de vidrio, al ser tipo translucido proyecta una sombra que permite proteger al suelo de la radiación.</p>	

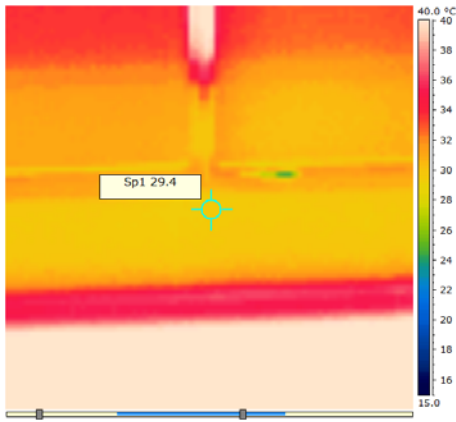
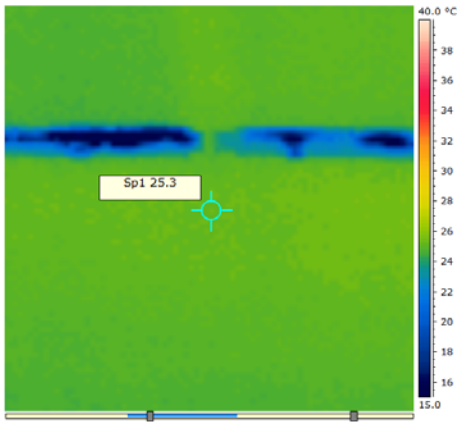
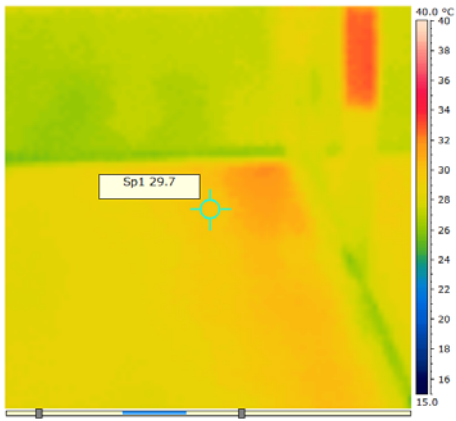
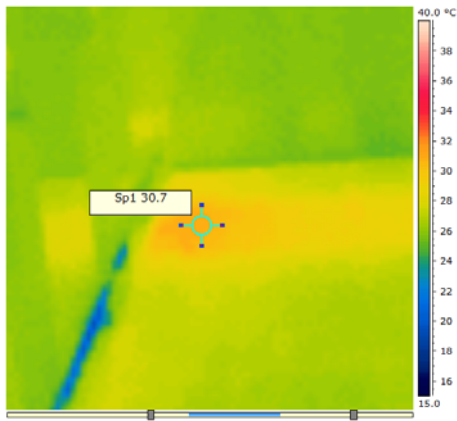
HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
12:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	 <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>A las 12:00 del día el pavimento que posee radiación directa, puntos E1ST, ha acumulado el calor de la radiación de la mañana y está ahora más caliente que las horas anteriores, así mismo la el pavimento que esta en sombra, puntos E4ST y E3NT, matiene temperatura similar a la barandilla, siendo levemente mayor que la hora anterior.</p> <p>En E1NT la temperatura sigue uniforme en todos los materiales, a una temperatura promedio de 25°.</p>	

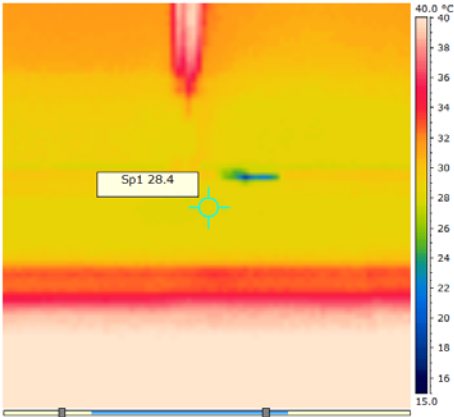
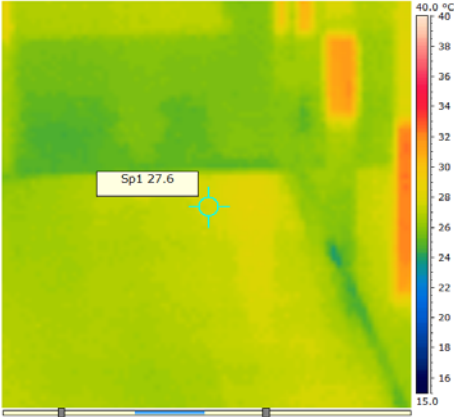


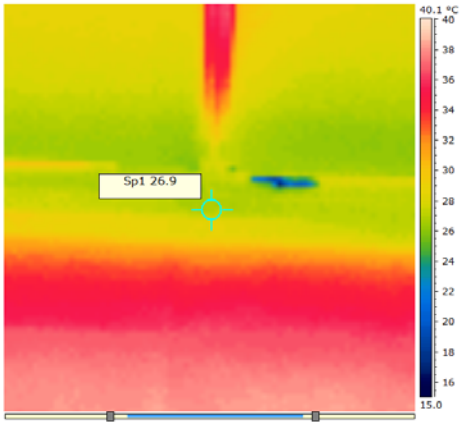
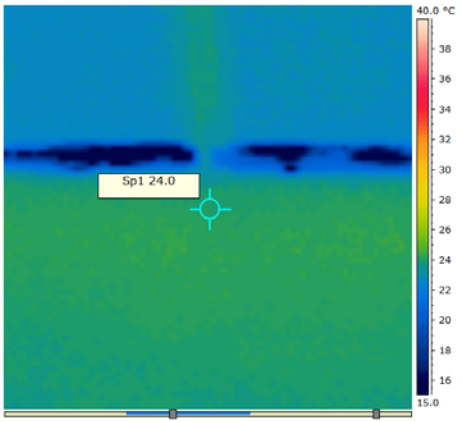
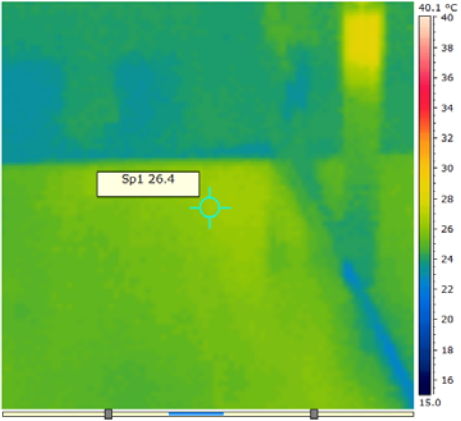
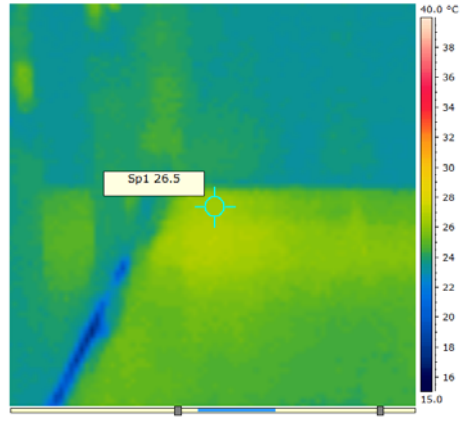
HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
13:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	 <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<b>COMENTARIOS:</b>	
	<p>El suelo de E1ST se mantiene a temperatura inferior que la barandilla, no se observan muchos cambios que la hora anterior y en E1NT incrementa un poco la temperatura sin otro mayor cambio.</p> <p>Por otro lado, en las dos fotografías inferiores la sombra proyectada se ha reducido considerablemente. En E4ST es casi nula y el pavimento pasa a estar casi por completo con radiación directa y la temperatura del suelo asciende hasta los 40°C. En cuanto a E3NT, la radiación se da solo en una parte del pavimento (mancha blanca) ascendiendo hasta más de los 40°C. En el resto del suelo, la parte más caliente es la más cercana a la barandilla, aunque esta había estado en sombra en las horas anteriores.</p>	

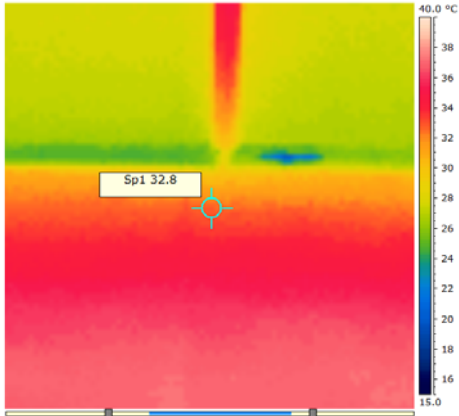
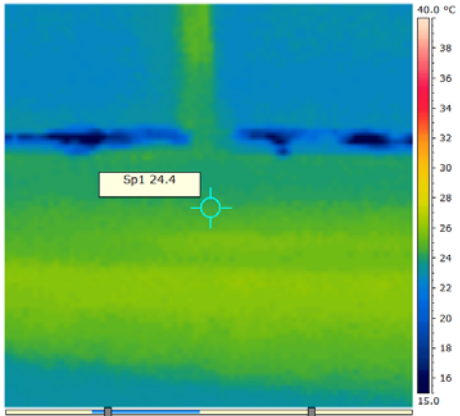
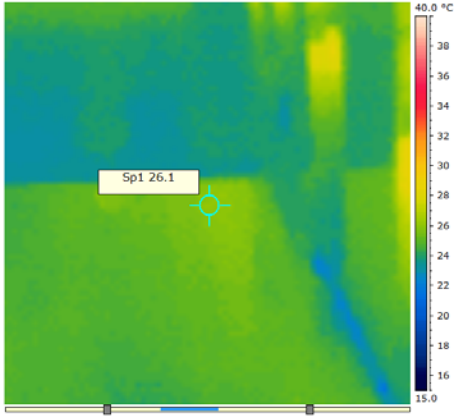
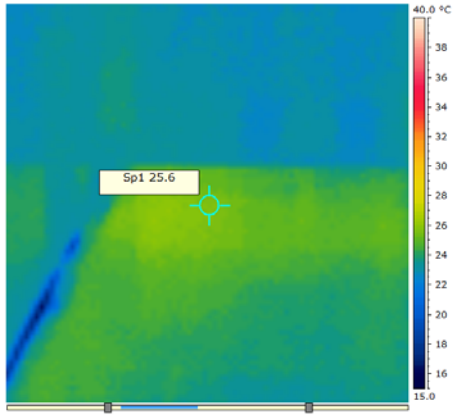


HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
14:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	 <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>A las 14:00 (12:00 en hora solar) E1T de ambas orientaciones tienen el mismo comportamiento de la hora anterior. En E1ST aumenta ligeramente y en E1NT disminuye.</p> <p>EnE4ST, ya no se proyecta sombra cerca de la barandilla, ahora aparece radiación directa proveniente del Sur-Oeste, por lo que el suelo aumenta la temperatura en esta área.En cambio en E3ST, existe solo un punto pequeño de radiación directa, donde la temperatura es superior; sin embargo, en las zonas de alrededor donde no existe esta radiación directa ya ha bajado considerablemente la temperatura.</p>	

HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
15:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	 <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>En E1ST suelo sigue siendo afectado por la sombra de la barandilla, en donde la diferencia entre ésta y la radiación directa es de aproximadamente de 10°. En cambio el punto E1NT del Norte sigue sin tener mayor cambio con respecto a las horas anteriores.</p> <p>En las fotografías inferiores en los puntos E4ST y E3NT, ya no existe radiación directa alguna sobre el pavimento, por lo que la temperatura de la zona ha disminuido considerablemente. La zona más caliente es donde hace una hora existía la radiación directa sobre el pavimento.</p>	

HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
16:00	 <p>E1ST</p>	(No disponible)
	 <p>E4ST</p>	(No disponible)
	<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>Por error de toma de datos, solo se poseen las fotografías de la orientación Sur. En E1ST se puede observar como la temperatura de la zona de sombra que proyecta la barandilla, ha aumentado respecto a las horas anteriores.</p> <p>En cuanto al punto E4ST la temperatura ha descendido hasta los 27° y se va uniformizando la temperatura en todo el material del pavimento.</p>	

HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
17:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	 <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>Se puede observar en E1ST que la temperatura del pavimento comienza a descender a comparación de la horas anteriores, incluso en la zona que posee radiación directa, en el área verde baja alrededor de 2°C de la hora anterior. EnE1NT, el vidrio ahora está mucho más frío y la temperatura del suelo sigue descendiendo pero de manera más lenta que la barandilla. De igual manera sucede en los puntos E4ST y E3ST, donde la temperatura de la barandilla ha bajado más rapido que el pavimento con una diferencia aproximada de 4°C. Al no haber radiación directa en estos dos ultimos dos puntos, se van comportando de manera muy similar.</p>	

HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
18:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	 <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>La sombra que produce la barandilla en E1ST es ahora casi nula, por lo que ya no existe mucha diferencia en la temperatura del pavimento. Se ve claramente la diferencia de temperaturas entre el suelo y la barandilla. En E1NT de la misma forma se diferencia más la temperatura entre ambos materiales, ya que el vidrio baja la temperatura más rápido y el suelo sigue manteniendo su temperatura de la hora anterior.</p> <p>En E4ST y E3NT, la temperatura sigue descendiendo, un poco más rapido en la orientación Norte que en la Sur.</p>	

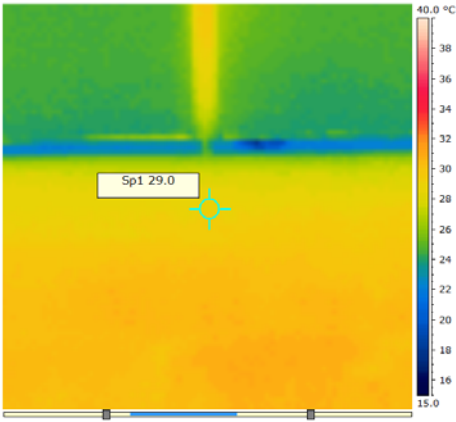
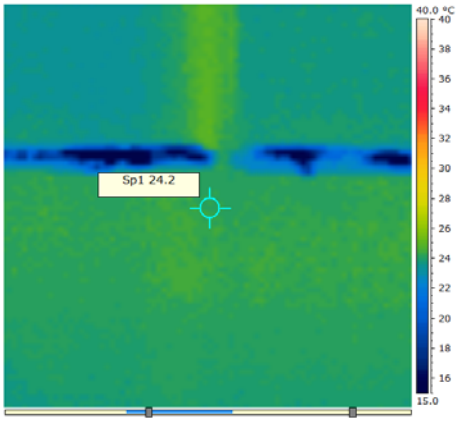
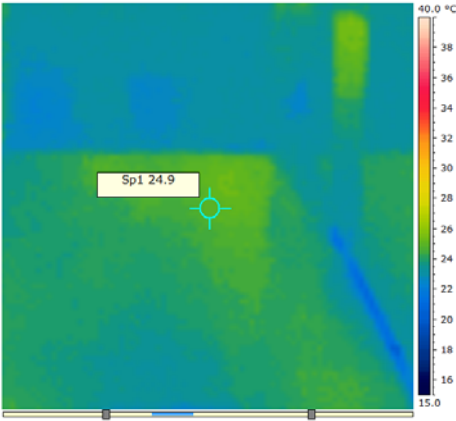
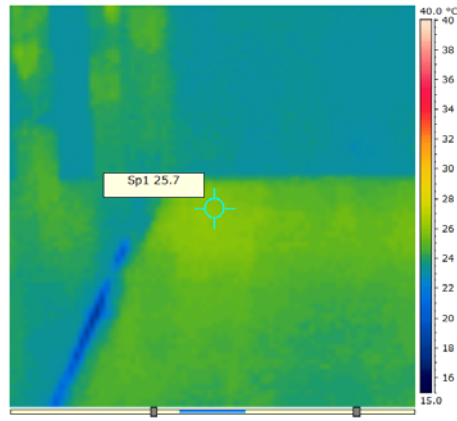
HORA	ORIENTACIÓN SUR	ORIENTACIÓN NORTE
19:00	 <p>E1ST</p>	 <p>E1NT</p>
	 <p>E4ST</p>	 <p>E3NT</p>
	<p><b>COMENTARIOS:</b></p> <p>En E1ST ya no existen sombras, sin embargo la temperatura ha descendido uniformemente casi 4°C al igual que el vidrio. EnE2NT sigue disminuyendo la temperatura de manera uniforme y mucho más lenta que los demás puntos.</p> <p>En cambio, la temperatura en el puntoE4STdisminuyó rápidamente en esta ultima hora y en el punto E3NT se ha mantenido.</p>	

Tabla 6-7Termografías tomadas a cada hora del día en los puntos E1ST, E1NT, E4ST y E3NT.

## 7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

---

A partir de los datos anteriores se analizarán como y porque suceden los distintos fenómenos lumínicos y térmicos derivados del vidrio en la barandilla y como afecta el confort de la terraza y/o del interior, ya que, cuando la luz directa del sol es muy intensa suele causar deslumbramientos y aumentos de temperatura en las superficies donde incide más perpendicularmente y, considerando que el vidrio es permeable a la mayor parte de la radiación solar, podría potenciar este efecto en la terraza.

Es por esta razón que se consideró importante contrastar los datos entre una barandilla de vidrio y otra opaca. Aunque no se pudo obtener los datos de mediciones con características climatológicas similares, se pueden aprovechar buena parte de la información para sacar conclusiones previas.

### 7.1 LUZ

Para el fenómeno de la luz se realizaron mediciones de dos magnitudes, la iluminancia y la luminancia. De estos datos se analizarán todos los valores obtenidos en el apartado 6, para las campañas 1y 2, y se realizarán comparaciones de diferentes parámetros a fin de encontrar las tendencias de comportamiento de cada magnitud. Las diversas variables a estudiar tanto para la iluminancia para luminancia son las siguientes:

- Distancia entre los diferentes puntos de medición situados en el tránsito del exterior hacia el interior
- Los distintos planos de trabajo
- Orientaciones Sur y Norte (en algún caso influenciados por la Norte)
- Materiales de barandilla (translúcida y opaca)

#### 7.1.1 Iluminancia

En cada uno de los diferentes puntos de medición, en la iluminancia se tomaron en cuenta dos planos de trabajo, el vertical y el horizontal.

De acuerdo a las gráficas del apartado 6 se pudo observar que la iluminancia tuvo un comportamiento similar en todos los puntos, obteniendo que el I1\_ en ambas orientaciones es el que posee los datos más elevados y luego en los puntos siguientes fue disminuyendo progresivamente a medida nos alejamos de la barandilla.

Antes de realizar las comparaciones de los diferentes parámetros se hará un análisis previo de cómo cambian los datos respecto a un punto, el cual se tomará de base el punto



I1ST para la orientación Sur y el punto I1NT para la orientación Norte; con porcentajes, de manera que se puedan ir observando tendencias para ser tomadas en el análisis posterior.

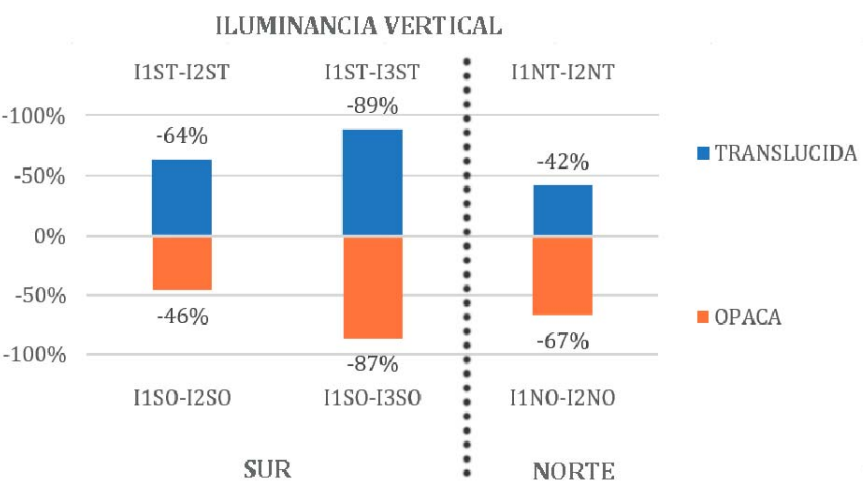


Figura 7-1Comparación de la diferencia de valores de la iluminancia vertical entre cada punto con respecto a I1 (100%) en cada orientación. Fuente: Elaboración propia.

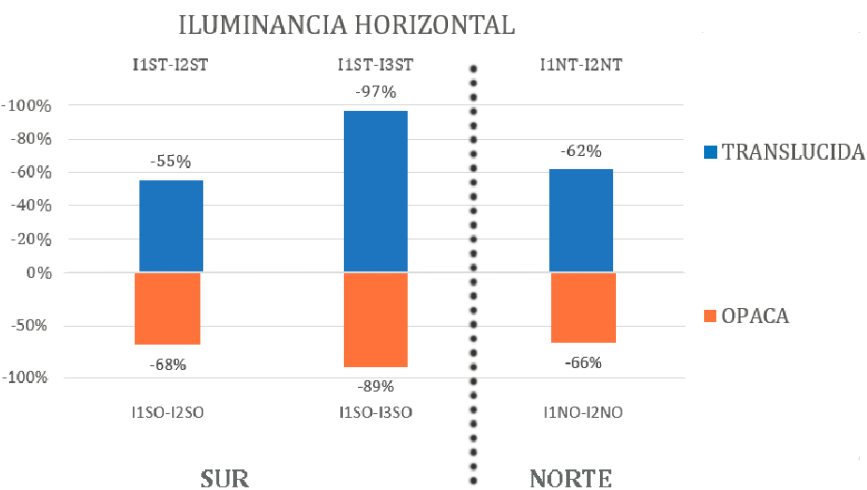


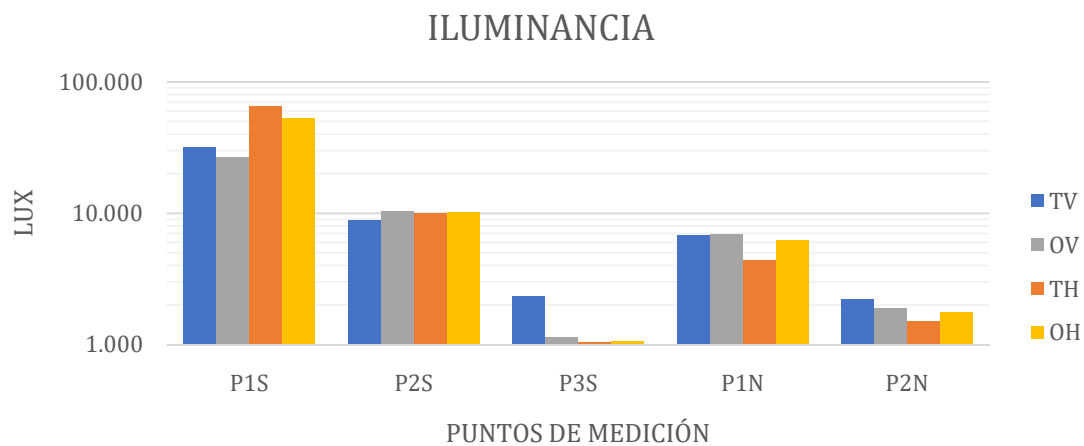
Figura 7-2 Comparación de la diferencia de valores de la iluminancia horizontal entre cada punto con respecto a I1 (100%) en cada orientación. Fuente: Elaboración propia.

Podemos observar que desde el punto I1ST alI2ST la iluminancia vertical desciende en un promedio de 64% y para I3ST el promedio desciende a 89% con respecto a I1ST.Para la orientación Norte delI1NT al I2NT, los valores descienden un 42% y en la vertical en 62%. Labarandilla translúcidaes la magnitud menos cambiante en cuanto a iluminancia en la orientación Norte donde la radiación es más difusa.De la misma manera, ocurre con la barandilla opaca en la orientación Norte son los valores menos cambiantes donde I1NO en la iluminancia vertical desciende 67% y en la horizontal desciende 66%.

En la barandilla opaca del I1SO a I2SO la iluminancia horizontal descende 46% y al I3SO a 87%. Por lo que, con barandilla translúcida, se observa que los valores entre punto y punto son más variables que con la opaca, esto sin embargo puede ser debido a que la radiación fuera más difusa.

Para la iluminancia horizontal en I2ST el valor con respecto al punto base (I1ST) descende un 55% y en I3ST hasta un 97%. Con barandilla opaca la diferencia entre los primeros dos puntos Sur es de 68% y al tercer punto es de 89%, lo que nos indica que hay diferentes comportamientos entre estos puntos y los dos tipos de barandilla, translúcida y opaca.

A efecto de una comparación entre los diferentes parámetros que se estudiarán, en la siguiente figura se contrastan todos los puntos de mediciones y las diferentes campañas con los promedios de cada campaña de cada variante de iluminancia de todos los planos de trabajo.



*Figura 7-3 Comparación de los promedios de iluminancia tanto vertical como horizontal en los diferentes puntos de medición. Fuente: Elaboración propia.*

#### **7.1.1.1 Distancia entre los diferentes puntos**

De acuerdo a la Figura 7-3, podemos afirmar que a medida nos alejamos de la barandilla obtenemos menos iluminancia promedio tanto vertical como horizontal debido a que cada vez tenemos más obstrucciones (techo, paredes, mobiliario) que provoca la disminución del flujo luminoso sobre el plano de medida.

Por lo que conforme se incrementa la distancia con respecto a la barandilla y a medida nos aproximamos al interior del edificio los valores de iluminancia cambian considerablemente cada vez más de un punto a otro.

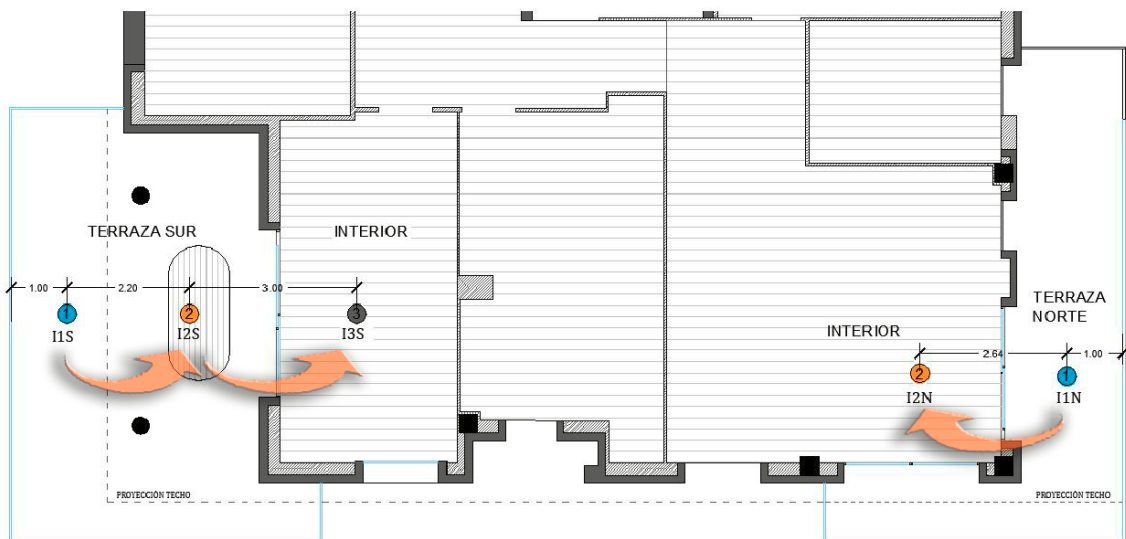


Figura 7-4 Esquema que señala el análisis de los diferentes puntos de medición. Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, en el punto I1S es el único punto donde no existe techo, la radiación que influye en la superficie es directa, causando que en ella los valores de iluminancia sean los más altos de cada campaña. Es por eso que en los valores de medición es más similar el comportamiento del punto I1N\_ con el punto I2S\_, que entre el punto I1S\_ con el punto I2S\_, de la misma manera son similares los puntos I3S\_ con el I2N\_ al estar los dos ya bajo techo y con predominio de la radiación reflejada o difusa.

Con respecto a la relación entre los puntos I2S\_ y I3S\_ y los puntos I1N\_ y I2N\_ exterior-interior, hay una diferencia muy grande de valores entre ellos, lo que podría llegar a causar incomodidad al usuario durante la transición por estos espacios.

#### 7.1.1.2 Los distintos planos de trabajo

Tomando siempre como referencia la Figura 7-3 y comparando con las fichas de las campañas, se observa que, entre las iluminancias verticales y horizontales, existen dos tendencias de acuerdo a la orientación. En los exteriores de la terraza Sur la iluminancia vertical, la mayoría de los valores son menores, por la época del año y la latitud de Sant Cugat, que la iluminancia horizontal, a excepción de I2S0 que ocurre a la inversa por poca diferencia, lo cual podría ser a causa de factores externos. La otra tendencia es que en los puntos de medida interiores I3S\_y I2N\_, la iluminancia vertical siempre es mayor que la horizontal.

Estas tendencias coinciden con aquellos puntos donde la radiación solar es directa sobre el pavimento, incide más horas en el día, y que la iluminancia horizontal es mayor, pues el flujo luminoso que incide en el pavimento es de mayor intensidad que en el plano de medición vertical donde no existe una radiación directa en las superficies (las paredes están en

la mayor parte en sombra); y en aquellos puntos de medición donde la radiación es difusa, es mayor la medida sobre el plano vertical, pues al haber menos radiación directa, lo que predomina son las reflexiones procedentes de las paredes del interior del edificio, que en este caso son de color blanco mate, por lo que refleja más cantidad de luz que el pavimento de color más oscuro.

### 7.1.1.3 Terrazas en las Orientaciones Sur y Norte

Sabemos que en la orientación Sur tenemos la máxima intensidad de flujo luminoso incidente por la radiación directa alta, propio de esta época veraniega del año en el hemisferio Norte, por lo que el punto I1S\_ y el punto I2S\_ son los que poseen los valores más altos de iluminancia tanto vertical como horizontal. Como se ha mencionado anteriormente en el apartado 7.1.1.1 se debe comparar el punto I2S\_ con el punto I1N\_ donde ambos apenas presentan radiación directa y están situados en el exterior del edificio. Efectivamente entre estos puntos (I2S\_ e I1N\_) descende la cantidad de luxes aproximadamente un 30%.

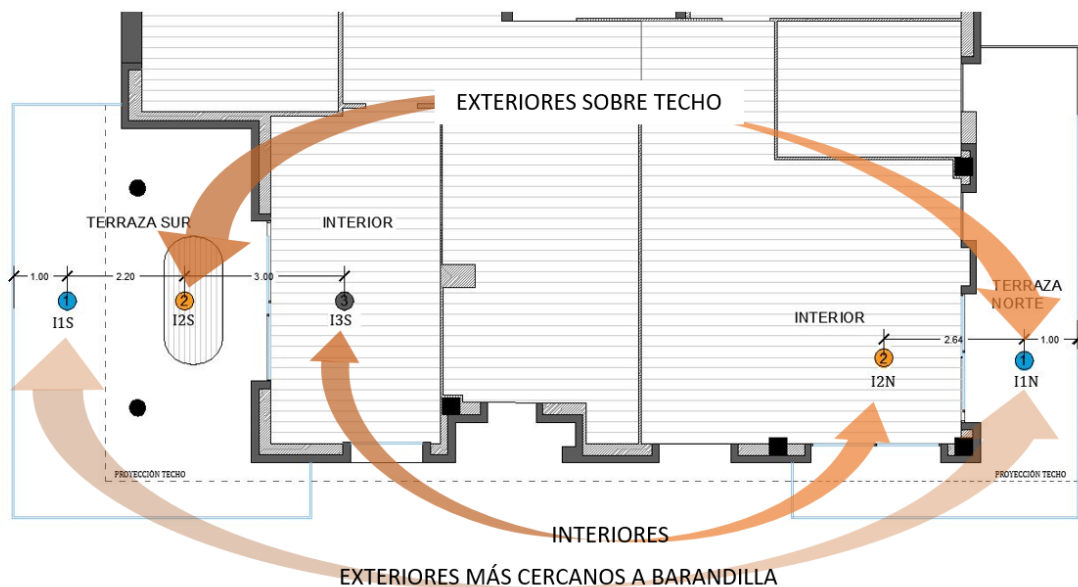


Figura 7-5 Esquema de los puntos comparados en las orientaciones Norte y Sur. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, entre los puntos I3S\_ y I2N\_ los valores tanto en el plano horizontal y el vertical son mucho más altos en la orientación Norte, esto se debe probablemente a que en el punto I2N\_ existe una entrada de flujo luminoso lateral adicional (orientación Este), y está menos alejada de la barandilla y el exterior (debido a que la terraza Norte es mucho menos amplia que la terraza Sur), por lo que este espacio tiene más entrada de flujo luminoso. Sin embargo, a pesar de lo anterior, los valores de la iluminancia vertical entre los puntos I3ST y I2NT son muy cercanos entre sí, ver Figura 7-3, debido a que, si

bien todos los demás valores son menores en el punto I3S\_ con la barandilla translúcida (I3ST) la reflexiones que causa la barandilla son mayores (por ser un vidrio translucido color blanco), debido a la radiación directa del sol sobre ella que es mucho mayor que en la orientación Norte donde no la recibe. Es por esta razón que no se advierte este comportamiento diferencial entre I3SO y I2NO, pues la barandilla opaca y de color negro disminuye este fenómeno difusor considerablemente.

#### 7.1.1.4 Materiales de la barandilla (vidrio translúcido/material opaco)

En los puntos I1S\_y I2S\_no existe mucha variación de cantidad promedio de luxes entre la barandilla de vidrio translucido y la barandilla opaca, apenas es aproximadamente un 17% y 15% respectivamente siendo los valores más altos los de la barandilla de vidrio.

En I3S\_ las mediciones de iluminancia vertical son mucho mayor con la barandilla de vidrio que con la opaca debido a la reflexión del vidrio translucido blanco que recibimos directamente de éste, en la opaca se pierde parcialmente este efecto y en la horizontal no

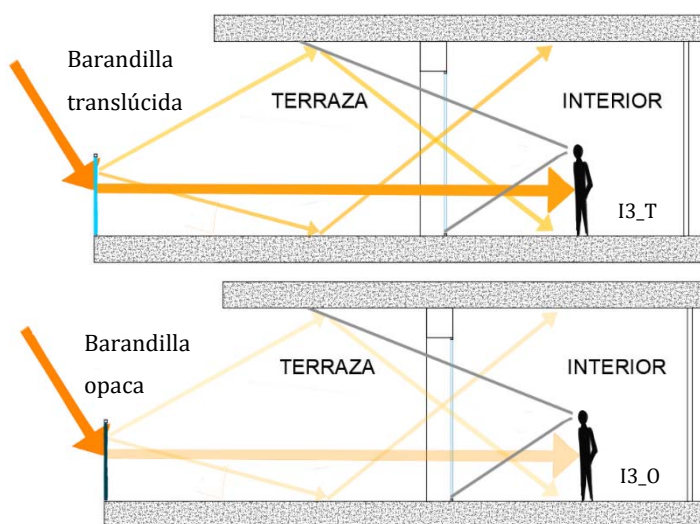


Figura 7-6 Esquema de las reflexiones de iluminancia vertical sobre la barandilla translúcida y la barandilla opaca. Fuente: Elaboración propia.

es afectada prácticamente por los efectos de reflexiones de la barandilla.

En el interior se aprecia más la diferencia de materiales en la barandilla, especialmente en la iluminancia vertical, ya que resulta más apreciable la influencia más directa de las reflexiones de la barandilla como se mencionó y se puede observar en la figura anterior. Del punto I2ST al I3ST disminuye un 51% en iluminancia vertical, y del punto I1NT al I2NT solo es 24%.

En la orientación Norte tanto entre I1NT y I1NO como entre I2NT y I2NO, las iluminancias verticales promedio medidas son muy similares, pues al no haber radiación prácticamente directa en el exterior, la iluminancia vertical suele mantenerse constante, tendiendo a disminuir muy poco en el caso de la barandilla opaca (1.5% entre I1NT y I1NO; 14% entre I2NT y I2NO), debido a la disminución de la reflexión en el plano opaco utilizado que era de papel negro, sin embargo, en la iluminancia horizontal los valores promedios son mayores un 29% en I1NO y 14% en I2NO con la barandilla opaca sin ser una diferencia muy considerable.

### 7.1.2 Luminancia

En la toma de mediciones de la luminancia, en todos los puntos, se tomaron en cuenta los 3 planos de trabajo de suelo, frente (hacia el exterior) y del cielo o techo.

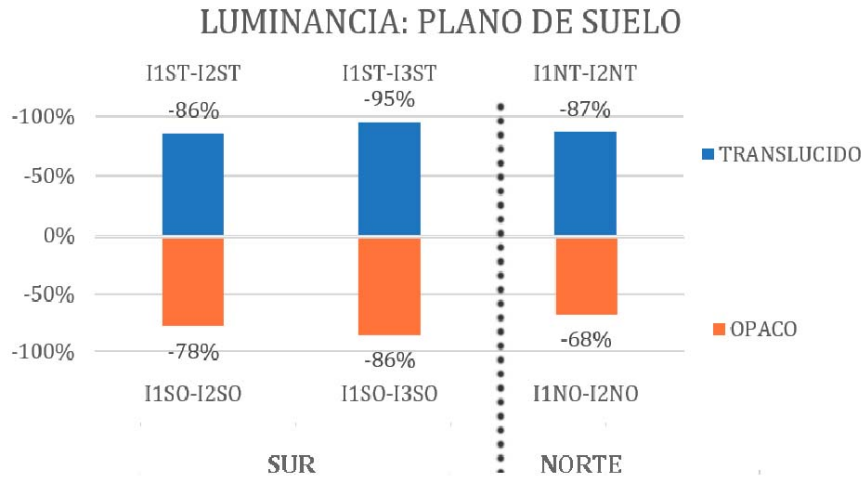


Figura 7-7 Comparación de la diferencia en % de los valores promedios de cada campaña de la luminancia en suelo entre cada punto con respecto a I1 de cada plano de medición. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos obtenidos de las campañas 1 y 2 en los valores medios obtenidos en cada punto, la luminancia proveniente del suelo desciende en todos los puntos a medida que nos alejamos de la barandilla. En la terraza Sur con barandilla de vidrio translúcida en el tránsito del punto I1ST al punto I2ST disminuyen los valores un promedio de 86% y hacia el interior en el punto I3ST hasta un 95%. En la orientación Norte, a pesar de tener menor radiación y que esta es más difusa, tiene menos tendencia a cambios, la diferencia también es muy significativa con 87%, esto ocurre a la diferencia que hay de incidencia de luz entre el exterior y el interior. En cuanto a la barandilla opaca entre los puntos I1SO y I2SO la luminancia disminuye en un 78% y con el punto I3SO hasta el 86%.

En la zona Norte, los valores solo descienden en un 68%, siendo los valores más constantes para la orientación Norte con barandilla opaca que con barandilla translúcida.

Esto puede ser debido a que, entre ellos, la irradiación del día de la campaña 2 fue menor, y no tanto por el tipo de material de la barandilla, pues esta última tiene menos influencia en el plano del suelo.

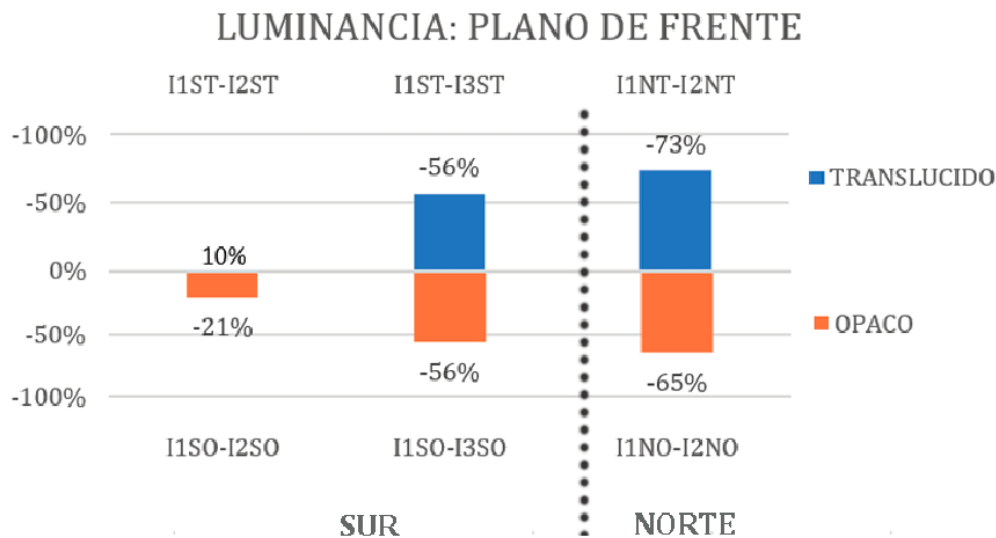


Figura 7-8 Comparación de la diferencia de valores de la luminancia de frente entre cada punto con respecto a I1 de cada espacio de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

En los valores de luminancia de frente en la terraza Sur con barandilla translúcida entre los puntos I1ST y I2ST es el único incremento con un promedio del 10%, luego respecto a los puntos I1ST y I3ST los valores ya descienden hasta un 56%. En la orientación Norte los valores de la luminancia de frente en el tránsito al exterior al interior descienden un 73% lo cual es bastante considerable. En cuanto a la barandilla opaca entre I1SO y I2SO la luminancia disminuye un 21% y con I3SO hasta un 56%. En los puntos Norte la diferencia desciende in 65% entre I1NO y I2NO.



## LUMINANCIA: PLANO DE CIELO

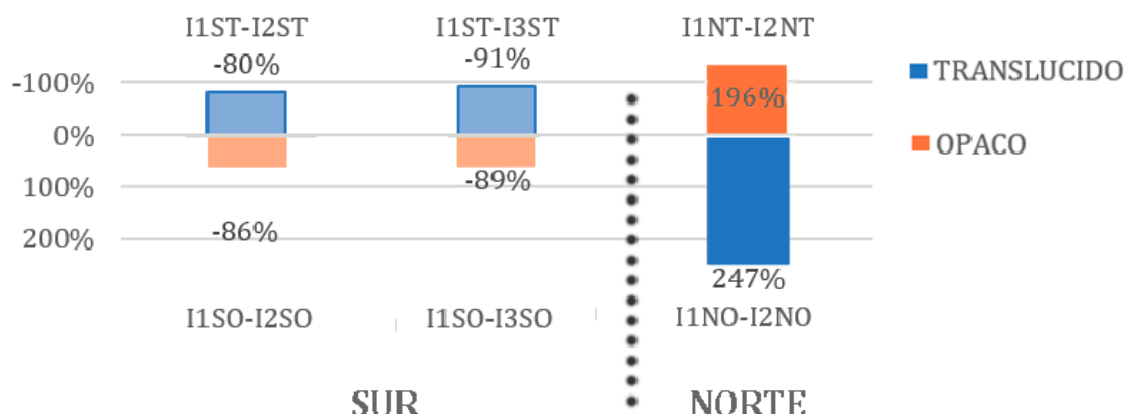


Figura 7-9 Comparación de la diferencia de valores de la luminancia de cielo o techo entre cada punto con respecto a I1 de cada espacio de trabajo. En tono más fuerte los valores positivos, y en todo más opaco los valores negativos.. Fuente: Elaboración propia.

La luminancia del plano de cielo muestra dos tendencias, los valores disminuyen en las orientaciones Sur y aumentan en las orientaciones Norte. Para la orientación Sur con barandilla translúcida los valores descienden un 80% entre los puntos I1ST y I2ST, y un 91% entre I1ST y I3ST. Así mismo en la barandilla opaca entre los puntos I1SO y I2SO, la luminancia desciende en un promedio de 86%, y entre los puntos I1SO y I3SO de un 89%, es decir que entre I2SO y I3SO no existen mucha diferencia entre los valores (cerca del 1%).

En las orientaciones Nortes en cambio entre I1NT y I2NT los valores ascienden hasta 247% y en la barandilla opaca entre I1NO y I2NO ascienden hasta el 196%. Siendo la mayor diferencia (exterior-interior) con los valores con la barandilla de la translúcida y por tanto donde habrá más transición de luminancias considerable entre espacios.

Para comparar los parámetros a analizar en la figura siguiente se confrontan todos los valores tomados en todas las orientaciones con los diferentes puntos de medición. El código T es para los datos de barandilla translúcida, O para la barandilla opaca, S para los valores del suelo, F para los de frente y C para el cielo o techo.

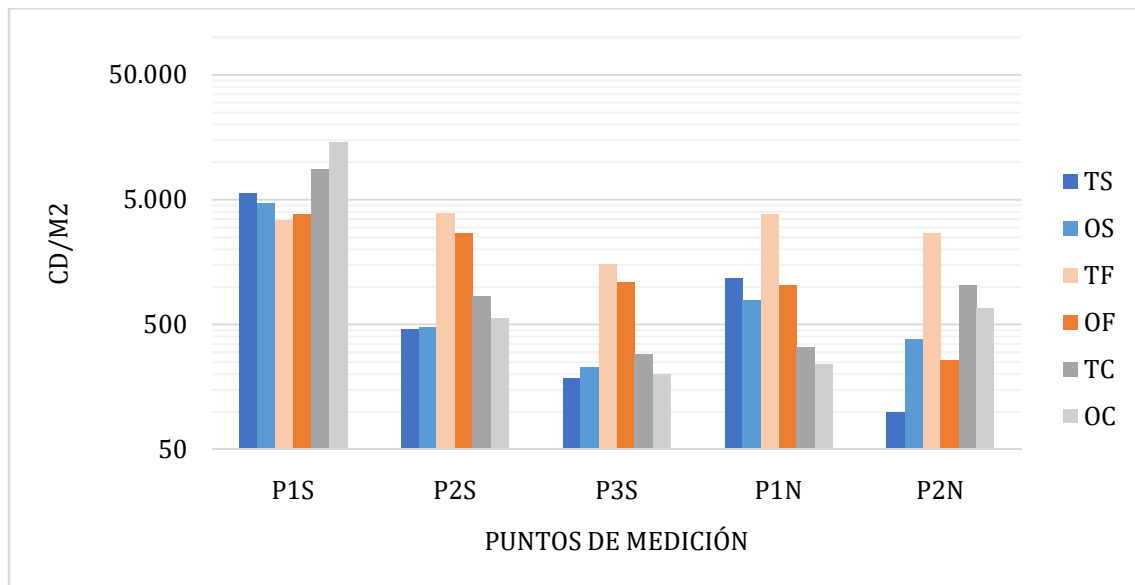


Figura 7-10 Comparación de los promedios de luminancia en los tres planos de trabajo con en los diferentes puntos de medición. Fuente: Elaboración propia.

#### 7.1.2.1 Distancia entre los diferentes puntos

Podemos afirmar que para la terraza Sur los valores de la luminancia tienen la tendencia de ir disminuyendo conforme nos vamos alejando de la barandilla, con la excepción de un único caso situado entre el punto I1ST y el punto I2ST en el plano de frente donde aumenta el 10%, como ya se mencionó anteriormente en la Figura 7-8. Esto ocurre probablemente debido a que en I1ST al ser un punto de medición muy cercano a la barandilla y ser tomadas las mediciones a una altura similar al remate o a la cumbrera de la misma, no se verá muy afectada por las reflexiones de luz de la superficie de la misma, en cambio en I2ST, al estar en un punto más lejano se tiene más campo visual de la barandilla lo cual afecta en mayor medida las reflexiones de la luz en la misma, y ya que esta, al ser translúcida tiende a potenciar su rol de difusor. Sin embargo, para el punto I3ST los valores vuelven a disminuir, pues se manifiestan más obstrucciones visuales en esta ubicación con respecto al exterior y la percepción visual de la barandilla disminuye.

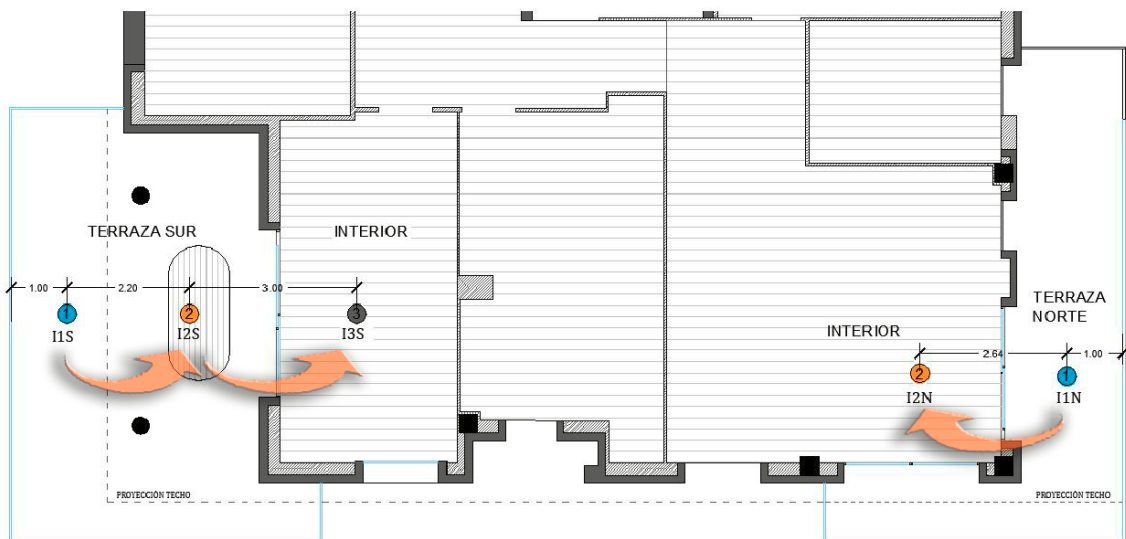


Figura 7-11 Esquema que señala el análisis de los diferentes puntos de medición. Fuente: Elaboración propia

En la terraza Norte, nuevamente los valores de luminancia más altos son los del punto I1N, tanto en los planos de suelo y frente, como se ve en Figura 7-10, por lo que a medida nos separamos de la barandilla hacia el interior del edificio la luminancia bajará. No obstante, para el plano de techo, los valores entre I1N\_ y I2N\_ aumentan considerablemente tanto en la barandilla translúcida como en la opaca, ocasionado probablemente en una parte, por la diferencia de luminosidades de los colores del techo, en el que I1N\_ presenta un color gris claro y el I2N\_ presenta un blanco puro, la otra parte es la incidencia de luz proveniente de la orientación Este, ya que en el I2N\_ la entrada es más amplia que el I1N\_, pero ya que en el plano del suelo no se manifiesta en la medición este fenómeno, el factor que más propicia la diferencia de valor entre estos puntos es más la luminosidad de las superficies, pues en el suelo el I1N\_ es un terrazo de marrón muy claro y en el I2N\_ es un parquet de madera que tiende a color amarillo. Como en la orientación Norte prácticamente solo existe radiación difusa, cuando en la terraza se apliquen revestimientos de más alta luminosidad habrá luminancia más alta y viceversa.

#### 7.1.2.2 Los distintos planos de trabajo

En la campaña 1 en todos los puntos de medición, menos en I1ST, la luminancia del suelo fue mucho menor que la luminancia del frente. El motivo tal vez radica en que I1ST es el único punto, como se ha mencionado anteriormente, que siempre hay radiación directa incidente a toda hora, y en los demás puntos de medición son mayoría las horas del día en las que la radiación es difusa, por lo que la luminancia del suelo cuando exista radiación directa será mayor en el suelo que el frente.

En la campaña 2, la luminancia del suelo suele ser mayor en los puntos I1SO y I2NO, y menor en los puntos I2SO, I3SO y I1NO. En el punto I1SO a causa de la radiación directa en el suelo, éste será siempre mayor. Para el caso de I2NO, la tendencia sigue siendo menor la luminancia de suelo, sin embargo, debido a que en las primeras horas de la mañana (hasta alrededor de las 9:00) recibe radiación directa, se produce un pico muy elevado con



*Figura 7-12 Fotografías tomadas en los puntos interiores de cada terraza entre las 9:00am y las 10:00am en la campaña 1 (con barandilla translúcida). Lado izquierdo es la terraza sur, mientras que el lado derecho es la terraza norte. Se puede observar como en la terraza norte recibe radiación directa sobre el suelo proveniente de orientación este, lo que afecta los valores de luminancia en los 3 planos, a esta hora especialmente la luminancia del suelo.*

respecto a las demás horas del día y, por tanto, afectando el promedio de los datos.

Entre el plano de suelo y el plano de cielo, en el caso de la barandilla translúcida, los valores del cielo son mayores, a excepción del I1NT donde el valor de la luminancia del plano de cielo es menor. En I2NT, tomando en consideración que la superficie del suelo es un parquet de madera amarillento y la superficie del techo está revestida de con una pintura gris muy suave, por ende, el color más claro, los valores del techo son mayores. Volviendo al I1NT, se debe agregar que éste está en el exterior y en consecuencia también recibe la radiación difusa de la bóveda del cielo con mayor intensidad en el suelo que en el techo y que en el punto I2NT, por lo que la luminancia será mayor. Para la barandilla opaca, observamos que los valores con mayor luminancia son en el plano del techo, en concreto, los puntos en I1SO, I2SO y I2NO, y menores en los puntos I3SO y I1NO. En el punto I1NO es menor debido a la misma razón que I1NT. Sin embargo, en I3SO como la barandilla es opaca, implica que existe mucha menos reflexión que proviene del exterior, provocando probablemente esta disminución de valores.

Entre los planos de frente y de cielo, el mayor valor de la luminancia tiende a ser el plano de frente, a excepción de los puntos I1ST y I2NO. En el I1ST la luminancia del cielo resulta mayor a consecuencia que es el único punto que no posee techo, recibiendo la radiación de la bóveda celeste directamente. En I2NO la luminancia del plano de cielo también es

mayor, ya que en el plano de frente existen más obstrucciones de luz, y en mayor medida por la propia barandilla que en este caso es opaca y de color negro.

La luminancia en el plano de frente es la se ve más afectada con las reflexiones de la barandilla de vidrio translúcida, especialmente en cuando incide radiación directa en la barandilla ello incide en su percepción en los espacios interiores.

### 7.1.2.3 Terrazas en las Orientaciones Sur y Norte

I1S\_, como se ha mencionado anteriormente, es el único punto que no posee techo, y recibe radiación directa en cualquiera de las horas en las que se ha realizado el estudio, causando que tenga los valores con mayor luminancia respecto a todos los demás puntos, al igual que en el caso de la iluminancia no se comparará con la orientación Sur al no haber un punto similar.

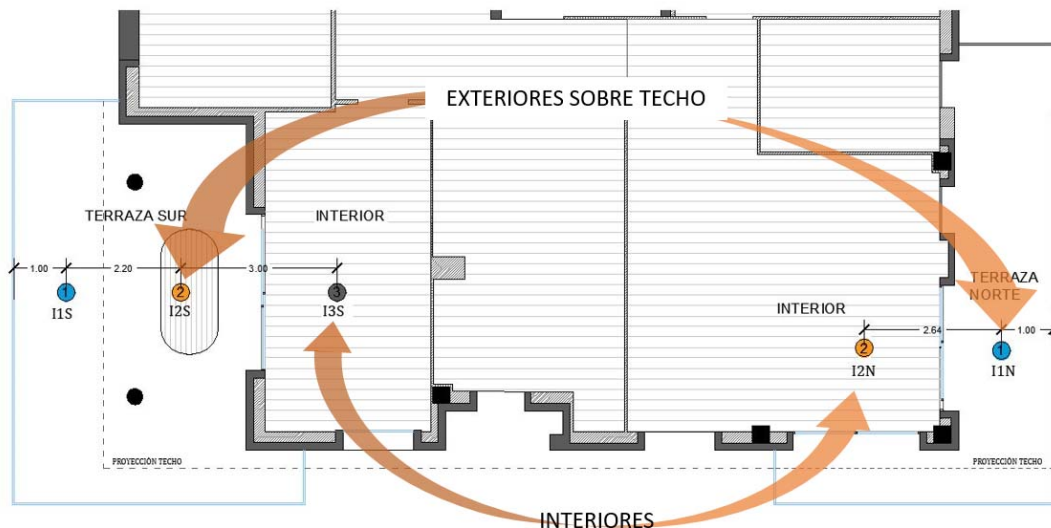


Figura 7-13 Comparación de los puntos en las terrazas Norte y Sur. Fuente: Elaboración propia.

Entre los puntos I2S\_ y I1N\_, que están en el exterior y bajo techo, la luminancia del plano de frente y del plano de cielo en ambas barandillas, es mayor en la orientación Sur, lo que ocurre debido a la radiación del sol que es más directa. Sin embargo, los valores medidos en el plano del suelo son mayores en la terraza Norte que en la terraza Sur en ambos tipos de barandilla pues en el punto I2S\_ las mediciones se realizaron dirigidas hacia una mesa de madera existente, la cual es más relativamente oscura que el piso de la terraza exterior y, por lo tanto, en I1N\_ existen más reflexiones sin obstáculos.

Entre los puntos situados en el interior del apartamento, I3S\_ y I2N\_, los valores de la luminancia fluctúan apreciablemente entre la barandilla translúcida y la barandilla opaca, siendo para el plano de suelo y el plano de frente los valores mayores en I3ST debido a la

reflexión de luz de la barandilla; I3S0 ocurre en viceversa pues esta reflexión se pierde. En cambio, para el plano del cielo, los valores de mayor luminancia se miden en el lado Norte, pues en el Norte se tienen una entrada de luz lateral adicional que aumenta gracias al color blanco del techo las reflexiones.

En la orientación Sur, que es donde hay más radiación directa, es donde se encuentran en la mayoría de los valores más elevados de luminancia y donde ésta está más afectada por el tipo de material de la barandilla.

#### 7.1.2.4 Materiales de la barandilla (translúcida/opaca)

Para el plano del suelo, los valores de luminancia aumentan en el caso de la barandilla opaca con respecto a la barandilla translúcida en los puntos I2S\_, I3S\_ y I2N\_; y en los puntos que están más al exterior (I1S\_ y I1N\_) este valor disminuye. Esto da lugar a que cuando en las barandillas opacas existe mayor radiación en el suelo, se disminuye la luminancia percibida, ya que también desaparece prácticamente las reflexiones que la barandilla translúcida provoca en el suelo.

Finalmente, para la luminancia en el plano de frente y en el plano de cielo, la barandilla translúcida es la que posee los valores de mayor cantidad de  $\text{cd/m}^2$ , con excepción del punto I1S\_. La diferencia de valores entre las barandillas translúcida y opaca, no es muy significativa para la orientación Sur, sin embargo, para la orientación Norte, en el plano de frente, la diferencia entre las dos barandillas translúcida y opaca es muy significativa, dando a lugar que cuando la radiación es difusa influye más la reflexión de frente que queda obstruida por la barandilla opaca, reduciendo los valores notablemente.

#### 7.1.2.5 Visualización con DIVA

Debido a que la campaña 1 y 2 se realizaron en días con condiciones meteorológicas diferentes, se realizó un modelo 3D en el programa Rhinoceros para luego poder simular visualizaciones con DIVA<sup>4</sup> de manera de poder comparar los resultados analizados anteriormente si la campaña 2 se hubiera realizado en las mismas condiciones de la campaña 1. Se tomó como referencia la hora con mayor radiación en la terraza Sur.

Para ambas barandillas (translúcida y opaca) se obtuvieron visualizaciones en donde se puede apreciar los efectos en el espacio interior, incluyendo una simulación de colores falsos que valoran en una escala de color las luminancias para poder contrastar los datos obtenidos en sitio.

---

<sup>4</sup>DIVA-para-Rhino, es un plug-in de iluminación natural y modelado de energía altamente optimizado para Rhinoceros

Cuando la barandilla es translúcida, ver apartado 7.8, se puede comprobar las superficies que tienen mayores luminancias, no solo es donde existe radiación directa como es suelo y la barandilla, sino también en el techo de la terraza, debido a las reflexiones de la misma radiación.

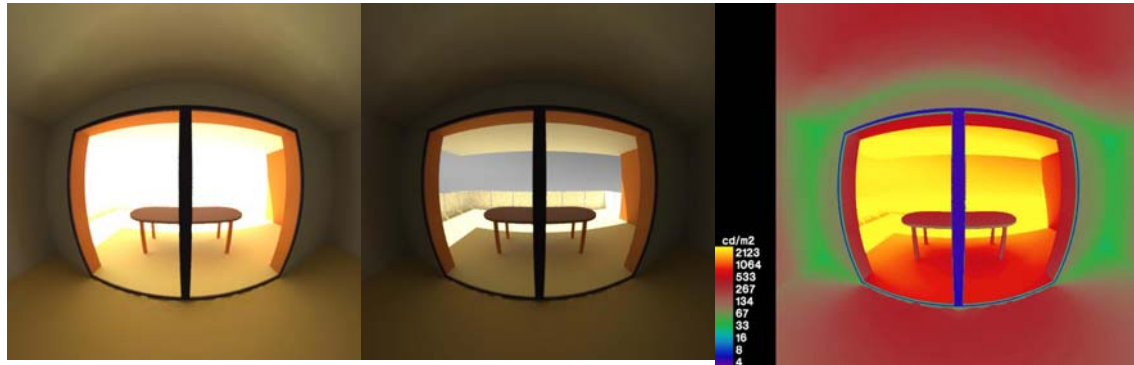


Figura 7-14 Visualizaciones realizadas con Rhinoceros y DIVA para el espacio interior de la terraza Sur con la barandilla translúcida, en la izquierda: simulación con mayor nivel de exposición (mayor sensibilidad a la luz), imagen de centro:sin exposición, e imagen de la derecha: simulación con colores falsos.Fuente: Urtza Uriarte.

Se puede observar un cambio notable cuando la barandilla es opaca, ver apartado 7.9, pues gran parte de la luz exterior es bloqueada por la misma barandilla. Teniendo en el interior menos molestias por el contraste de luminancias entre el interior y el exterior.

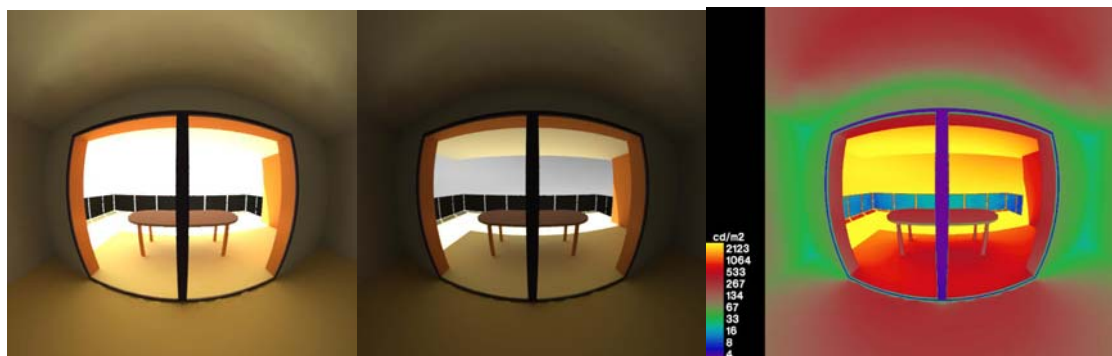


Figura 7-15 Visualizaciones realizadas con Rhinoceros y DIVA para el espacio interior de la terraza Sur con la barandilla opaca, en la izquierda: simulación con mayor nivel de exposición, imagen de centro:sin exposición, e imagen de la derecha: simulación con colores falsos.Fuente: Urtza Uriarte.

## 7.2 ENERGÍA TÉRMICA

En el estudio de la influencia que pueda tener el uso y la aplicación de las barandillas translúcidas en el comportamiento de la energía térmica, se tomaron mediciones de temperatura del aire próximo al punto de medición de temperatura de la superficie de la

barandilla y de la temperatura del suelo. En las gráficas siguientes, se tomó como referencia la temperatura de la barandilla, pues es el punto de partida del estudio y como este afecta las demás temperaturas.

De acuerdo a estas tres mediciones, el valor para la temperatura del aire se en cada uno de los puntos de medición para energía térmica, se puede observar la figura siguiente:

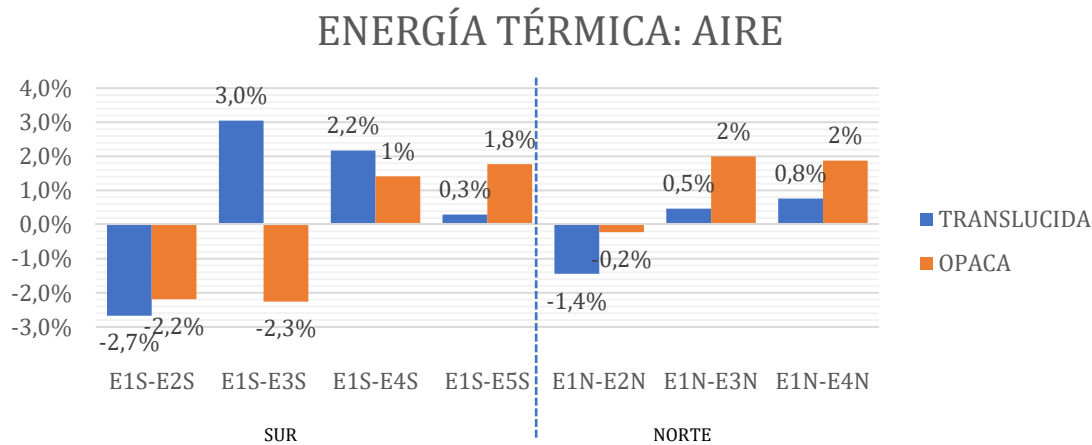


Figura 7-16 Comparación de la diferencia de valores en las temperaturas del aire entre cada punto con respecto a E1 en cada terraza. Fuente: Elaboración propia.

En la orientación Sur la temperatura del aire entre E1ST y E2ST disminuye un 2.7%, sin embargo, con respecto a la temperatura del aire interior E3ST ésta aumenta un 3% y en ambos puntos E4ST y E5ST, que tienen también radiación directa proveniente del Este, aumenta 2.2% y 0.3% respectivamente. En la orientación Norte los valores se mantienen similares en los puntos exteriores, y entre E1NT y E2NT (exterior e interior) los valores disminuyen el 1.4%. En la campaña 2 (barandilla opaca) orientación Sur, el E2SO y E3SO disminuyen la temperatura respecto a E1SO aproximadamente en un 2%, y con los puntos que además poseen radiación directa en orientaciones Este, E4SO aumenta el 1% y con E5SO el 1.8%. En la terraza Norte este los valores aumentan en E1NO el 2%, en cambio con respecto al punto E2NO interior este disminuye solo un 0.2% considerándose la misma temperatura. Podemos afirmar entonces que la temperatura del aire es mayor en los puntos que tienen además radiación adicional directa proveniente del lado este (E4S\_, E5S\_, E3N\_ y E4N\_).



## ENERGÍA TÉRMICA: BARANDILLA

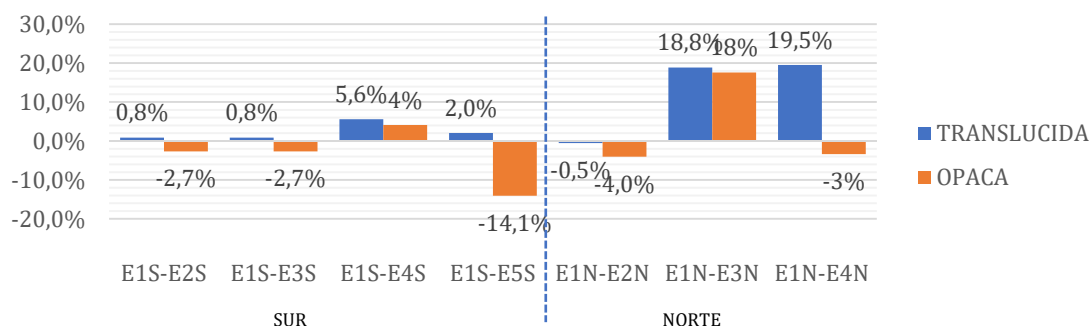


Figura 7-17 Comparación de la diferencia de valores en las temperaturas superficiales de la barandilla entre cada punto con respecto a E1 en cada terraza. Fuente: Elaboración propia.

La barandilla al ser un material sólido es muy sensible al cambio de temperatura superficial por radiación directa. En la terraza Sur el E4ST para barandilla translúcida y el punto E5SO de la barandilla opaca son los puntos más vulnerables, aumentando un 5.6% y disminuyendo hasta un 14% respectivamente en referencia a E1S\_. En cambio en la orientación Norte, podemos observar como afecta el soleamiento de la parte este, aumentando la temperatura hasta un 19.5%.

## ENERGÍA TÉRMICA: SUELO

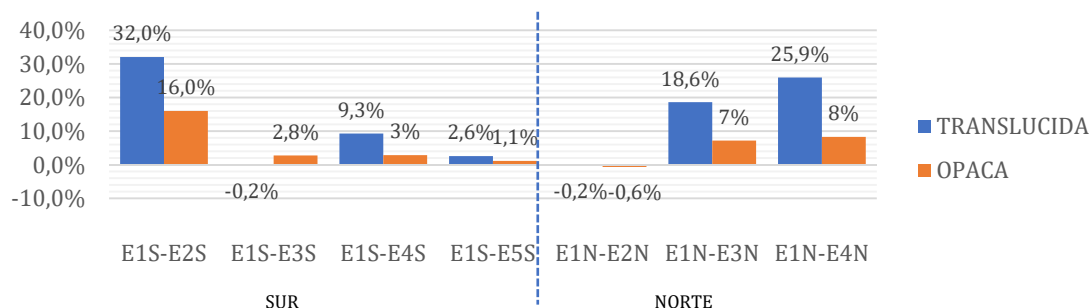


Figura 7-18 Comparación de la diferencia de valores en las temperaturas del suelo entre cada punto con respecto a P1 en cada terraza. Fuente: Elaboración propia.

La temperatura superficial del suelo se ve afectada enormemente por la incidencia de la radiación directa del sol, es por eso que entre un punto del suelo sometido a radiación directa y uno en sombra, su temperatura superficial puede ser notablemente distinta, incluso cuando estos puntos se encuentren muy próximos, tal como se puede observar los valores medidos para el punto E1ST y el punto E2ST, donde la temperatura aumenta hasta un 32%. De la misma manera sucede entre todos los E1N\_ (donde mayormente solo existe radiación difusa) con respecto a cada punto expuesto a la radiación proveniente de la orientación Este que presentan en las horas de la mañana radiación directa. En cambio,

entre los puntos que poseen radiación difusa podemos ver que las temperaturas no varían más de 3%.

A partir de los datos de estas temperaturas medidas, se realizará una comparación más exhaustiva, donde se analizarán de manera pormenorizada los siguientes parámetros para conocer de manera más certera como interactúa la temperatura de la barandilla con los demás elementos.

- Distancia entre los diferentes puntos de medición.
- Orientaciones Norte, Sur y Este
- Ventilación inferior a través de la barandilla y posible “efecto invernadero”
- Materiales de la barandilla (translucido/opaco)

### 7.2.1 Temperatura del aire y temperatura superficial de la barandilla

Se busca, con este análisis, comparar la temperatura superficial de la barandilla con respecto a la temperatura del aire y si ello pudiera afectar el confort térmico del usuario.

La figura siguiente servirá para la comparación de los diferentes parámetros, siendo:

- A: la temperatura del aire,
- B: temperatura de la barandilla,
- T: material translucido,
- O: material opaco.

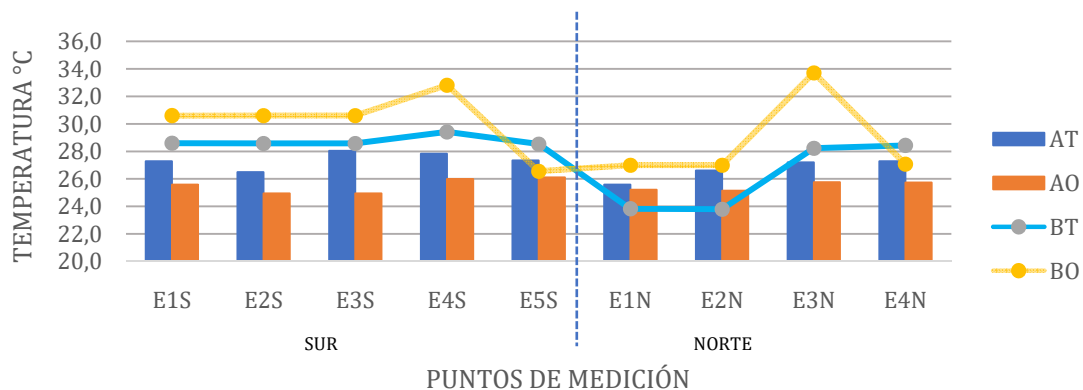


Figura 7-19 Comparación de los promedios de la temperatura de aire con la temperatura de la barandilla en diferentes puntos de medición. Fuente: Elaboración propia.

Los puntos E1S, E2S y E3S se tomó como referencia la misma barandilla, la diferencia de los valores entre ellas es muy poca, ésta se puede deber a errores de medición o diferencia de tiempo en la toma de mediciones. De igual manera entre los puntos E1N y E2N. Entre los puntos E4S, E5S, E3N y E4N, poseen mayor variación de valores ya que se tomaron las mediciones de secciones de barandilla distintas.

### 7.2.1.1 Distancia entre los diferentes puntos

Para este comparativo se analizarán solo los puntos E1S, E2S y E3S en la orientación Sur, y en la Norte serán los puntos E1N y E2N, ya que estos determinarán como influye la temperatura a medida nos vamos alejando progresivamente de manera perpendicular a la barandilla. Los demás puntos al no estar en este mismo eje no se incluirán.

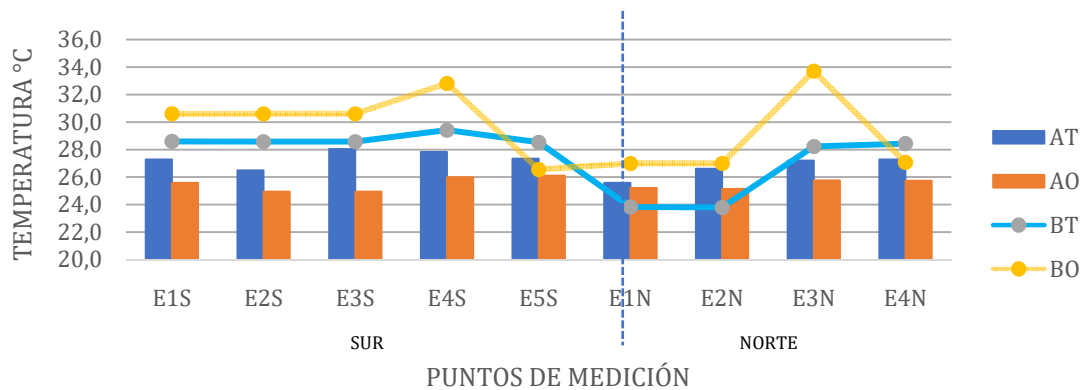


Figura 7-20 Para una mejor lectura se han eliminado de la Figura 7-19 los puntos P1N y P2. Fuente: Elaboración propia.

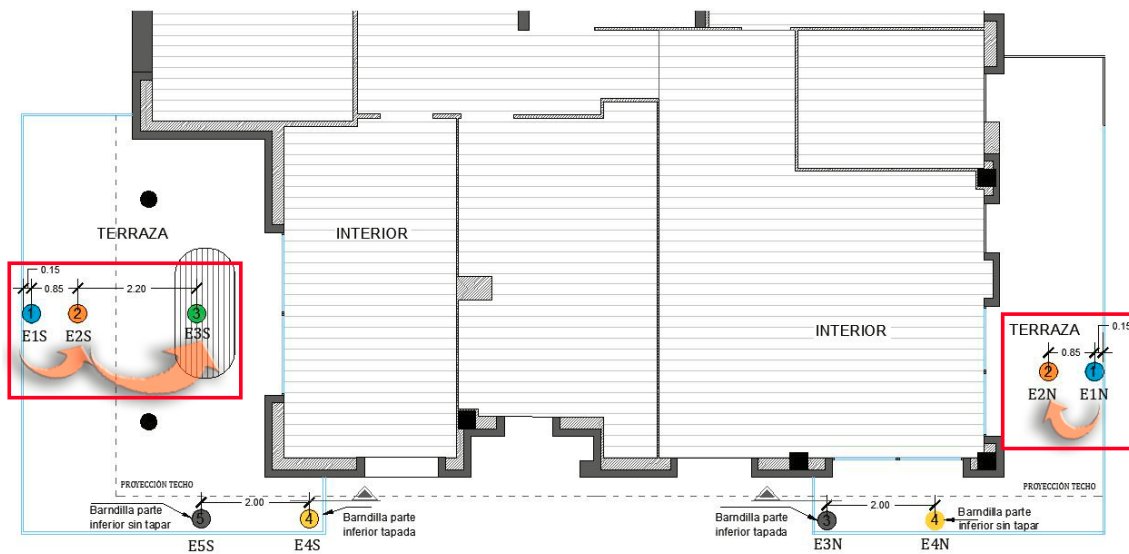


Figura 7-21 Presentación de los puntos a comparar, tanto para la terraza sur (en el lado izquierdo) como en la terraza norte (en el lado derecho) con un recuadro rojo. Fuente: Elaboración propia.

El punto más representante en este análisis debería ser E1, ya que este punto es el más cercano a la barandilla, y por lo tanto en el que más va a influir en la temperatura del aire. La barandilla en la orientación Sur se mantiene a mayor temperatura que el aire en el P1S, sin embargo, aunque nos alejamos en el E2S\_ está temperatura no varía de manera significativa con respecto a E1S. En cambio, entre E2ST y E3ST, la temperatura promedio

aumenta casi 2°C, y conociendo que E3ST permanece en sombra en la mayoría de las horas, este cambio puede ser debido a la altura de la toma de las mediciones, debido que en E2S\_ se tomó a una distancia de 90cms del suelo, en cambio E3S\_, se tomó a unos 15cms del plano horizontal, en este caso de la mesa de la terraza.

En la orientación Sur, la temperatura del aire entre E1NT y E2NT aumenta aproximadamente 1°C, ya que no existe radiación directa relevante en estos puntos, la temperatura del aire de E1NT se ve influenciada por la temperatura de la barandilla que se encuentra muy cerca y está a una temperatura menor, por tanto, al alejarnos de ella en E2NT la temperatura aumenta.

Podemos afirmar entonces que a medida nos alejamos de la barandilla, influye cada vez menos en la temperatura del aire, pues entran otros factores en juego que afectan a la misma, como el viento, y la radiación directay que inciden con mayor intensidad.

#### 7.2.1.2 Orientaciones Norte, Sur y Este.

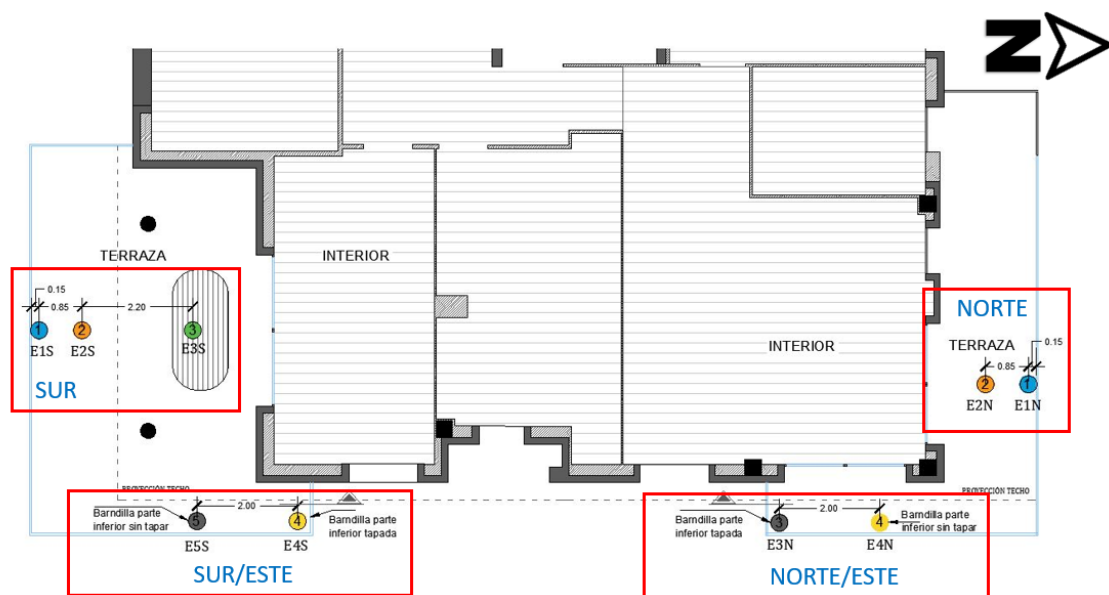


Figura 7-22 Esquema con las diferentes orientaciones a comparar y analizar tanto en la terraza norte como en la sur. Fuente: Elaboración propia.

Para este análisis se considerarán todos los puntos de medición de las diferentes campañas, tomando en cuenta que el E4S\_ y E5S\_ pertenecerán a la orientación este de la terraza Sur, y los puntos E3N\_ y E4N\_, pertenecerán a la orientación este de la terraza Norte.

Entre el Sur y el Norte podemos observar en Figura 7-19, que en todos los puntos los valores son mayores en la orientación Sur, y a la misma vez, los valores del lado Este de esta misma terraza son los más elevados. Además, los puntos del lado Este de la terraza

Norte(E3N\_ y E4N\_) tiene valores de temperatura muy similares entre ellos, aunque que las temperaturas del aire de la orientación propiamente Sur (E1S\_ E2S\_ y E3S\_) reciben durante más tiempo radiación directa. Probablemente esto es debido a que, los puntos orientados Norte y Este poseen más superficies cercanas de calentamiento como las paredes y el suelo que los puntos E1S\_ y E2S\_ donde la terraza es mucho más amplia y el calor se disipa al tener más influencia del viento.

La temperatura superficial de la barandilla se encuentra siempre más caliente en la terraza Sur, con excepción del punto E3S\_ con material opaco. Este punto se encuentra en una esquina donde uno de los planos de la barandilla da al Este y el otro plano da al Sur; al tener ambos planos con radiación directa en horas de la mañana, la barandilla opaca de color negro absorbe más la energía térmica que la del vidrio traslucido.

Al comparar los puntos E3S\_ y E2N\_, se obtiene que E2NT tiene la menor temperatura de aire de todos los puntos y, por tanto, es mucho menor que E3ST, confirmando que la orientación Sur tiene los valores de mayor temperatura. En E2NO la temperatura del aire no cambia significativamente con respecto a E3SO, esto puede ser debido a que las temperaturas de ese día no fueron tan cambiantes al ser un día parcialmente despejado y los valores de temperatura se mantuvieron más constantes.

### 7.2.1.3 Materiales de la barandilla (translucido/opaco)

Para este análisis se tomarán en cuenta solo los puntos que están muy cercanos a la barandilla (E1S\_ E4S\_ E1N\_ E3N\_), omitiremos E5S\_ y E4N\_, pues en estos puntos no se colocó el material opaco en la barandilla.

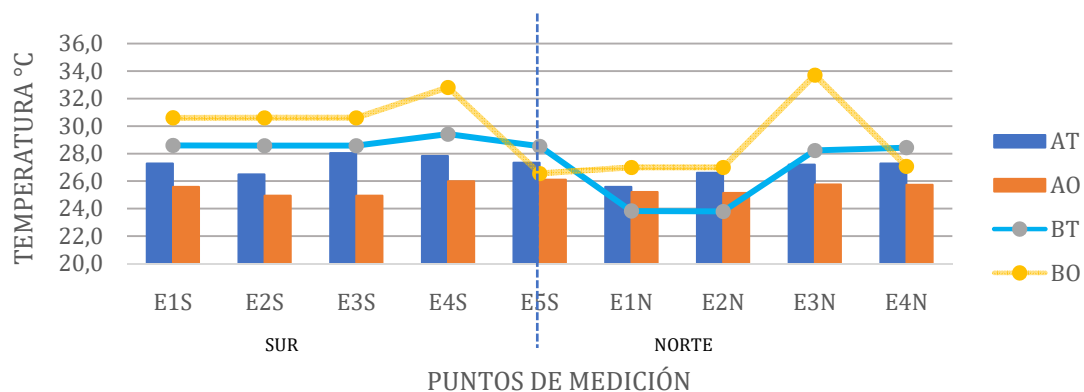


Figura 7-23 Para una mejor lectura se han eliminado de la Figura 7-19 los puntos que no se tomarán en cuenta para el respectivo análisis. Fuente: Elaboración propia.

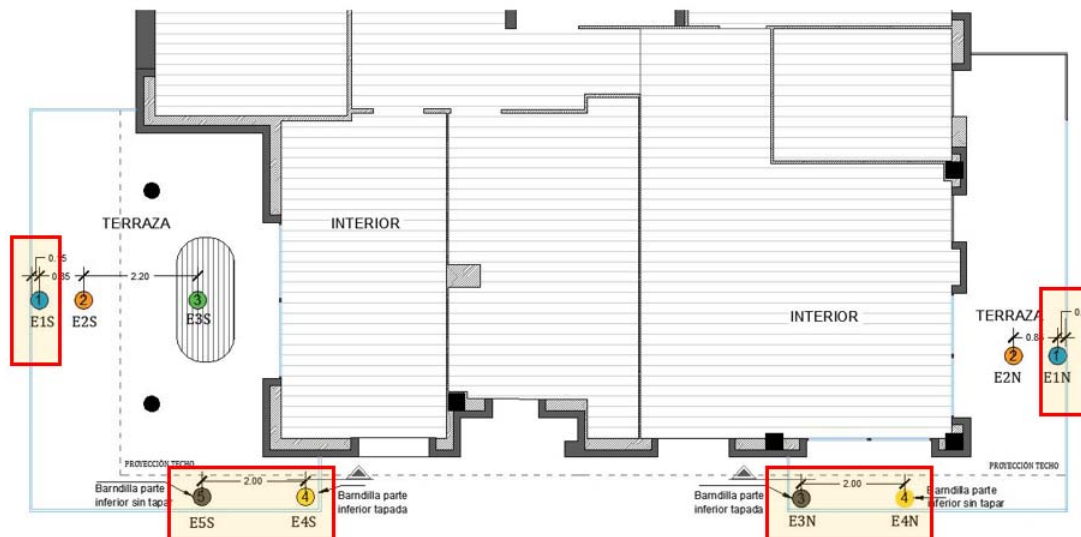


Figura 7-24 Esquema con los diferentes puntos a comparar y analizar tanto en la terraza norte como en la sur.  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los dos materiales, la barandilla opaca está siempre a una temperatura superior que la barandilla translúcida y, así mismo, está mayor que el aire circundante. No obstante, a pesar de que, la temperatura superficial de la barandilla es mucho mayor con el material opaco, esta no parece transmitir este incremento a la temperatura del aire más próximo la temperatura al aire próximo como ocurre en el caso de la barandilla translúcida, en donde ambas temperaturas (aire-barandilla) están en su mayoría a temperaturas bien cercanas. Podemos afirmar entonces que el uso del vidrio translúcido sí que influye en el aumento de la temperatura ambiental de la terraza en mucha mayor cantidad que cuando la barandilla es opaca. Aunque la temperatura superficial de la barandilla opaca es mucho mayor, parece ser que esta opacidad detiene el paso de la radiación y genera sombra, frenando en gran medida el paso de calor hacia el aire situado tras la barandilla y el aire.

#### 7.2.1.4 Ventilación inferior de la barandilla y posible “efecto invernadero”

La incorporación de los puntos de medición Este de ambas terrazas (Sur y Norte) se realizó en gran parte debido al deseo de analizar este posible efecto. En los puntos E4S\_ y E3N\_, como ya se mencionó en el apartado de la metodología se tapó con una cinta la parte inferior de la barandilla, para así disminuir en lo posible el flujo de la ventilación del espacio en lo posible y comparar con los datos obtenidos en E5S\_ y E4N\_ respectivamente, y que no poseen esta obstrucción, si es posible que exista un “efecto invernadero”. Por lo cual para este apartado se le agregará la letra C a los puntos E4S\_ y E3N\_, para

diferenciarlos con los que no poseen este bloqueo en la parte inferior, quedando como E4S\_C y E3N\_C.

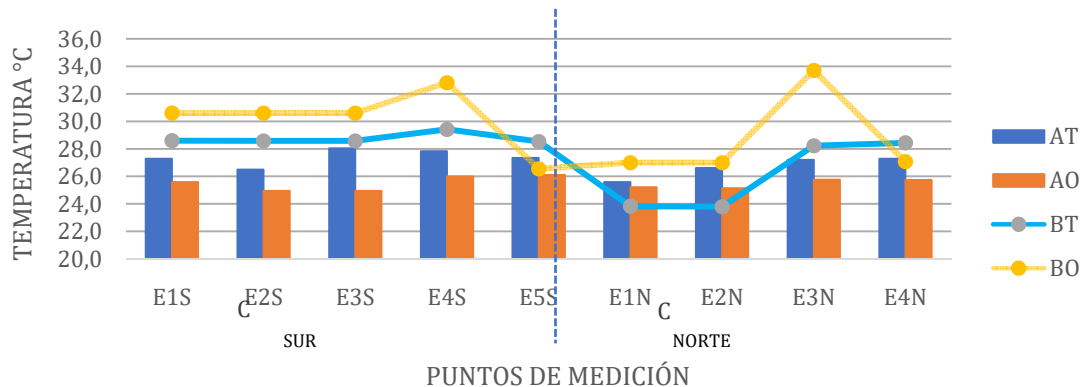


Figura 7-25 Para una mejor lectura se han dejado de la Figura 7-19 solo los puntos de la orientación este, que es donde se analizará este fenómeno. Fuente: Elaboración propia.

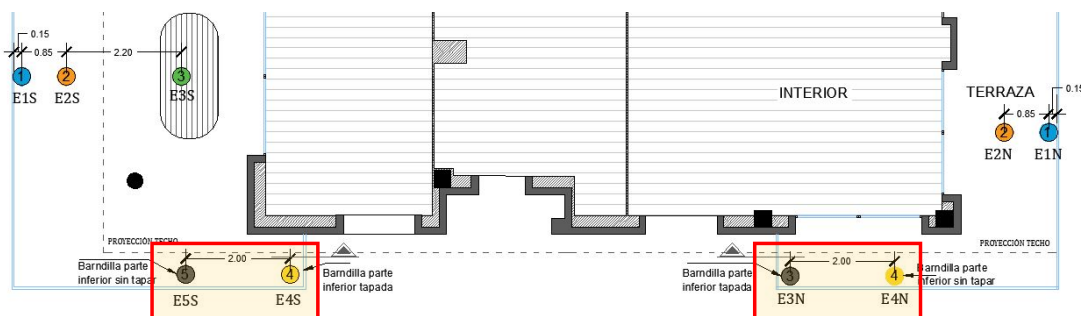


Figura 7-26 Esquema con las diferentes orientaciones a comparar y analizar tanto en la terraza norte como en la sur. Fuente: Elaboración propia.

En la orientación Sur en el caso de la barandilla translúcida la temperatura del aire y de la barandilla es mayor en el punto E4STC que en el punto E5ST, sin embargo, la diferencia entre ellos es muy poca (menos de 1°C). Con la barandilla opaca en cambio, la temperatura de la misma asciende hasta una temperatura promedio de 33°C, aumentando hasta 7°C, no obstante, la temperatura del aire en E4SOC es mucho menor que E4STC, debido a las propiedades explicadas en 7.2.1.3. y las temperaturas del aire entre E4SOC y E5SO se mantienen parejas.

Entre E3NTC y E4NET, no existen muchas diferencias de temperatura, E4NET presenta dos picos entre las 10:00 y 11:00 donde E4NET es mayor. Estableciendo una comparación adicional, se puede observar en la campaña 3 con las fotografías termo gráficas (de estas mismas horas) la similitud de E3NTC con E4ST, pero a partir de las 13:00 en adelante cuando ya no hay radiación directa, el punto E3NTC parece que irradia más el calor que E4ST, afectando las temperaturas del aire circundante.



Hay que considerar que si bien los puntos de una misma orientación (Sur y Norte) no presentan mucha diferencia de temperatura, al compararlos con el resto de los puntos, se evidencia que las temperaturas más elevadas se producen cuando solo tienen radiación directa por la mañana en confrontación con el E1S\_ que tiene radiación directa todo el día.

Con todo lo mencionado anteriormente, se puede asegurar que, aunque el aumento máximo de temperatura es de alrededor de 2°C a las 12:00 del día, existe una tendencia a que en E4ST se genere un posible efecto invernadero. Además, hay que considerar que E4S\_ no posee techo, ni paredes laterales y, por ende, está a mayor merced del viento, por lo que es más difícil que se produzca el fenómeno.

### 7.2.2 Temperatura superficial del suelo comprada con la de la barandilla

Se compararán las temperaturas superficiales del suelo y la barandilla, para verificar la influencia de la barandilla en la temperatura del suelo y viceversa.

- S: la temperatura superficial del suelo,
- B: temperatura superficial de la barandilla,
- T: material translucido,
- O: material opaco.

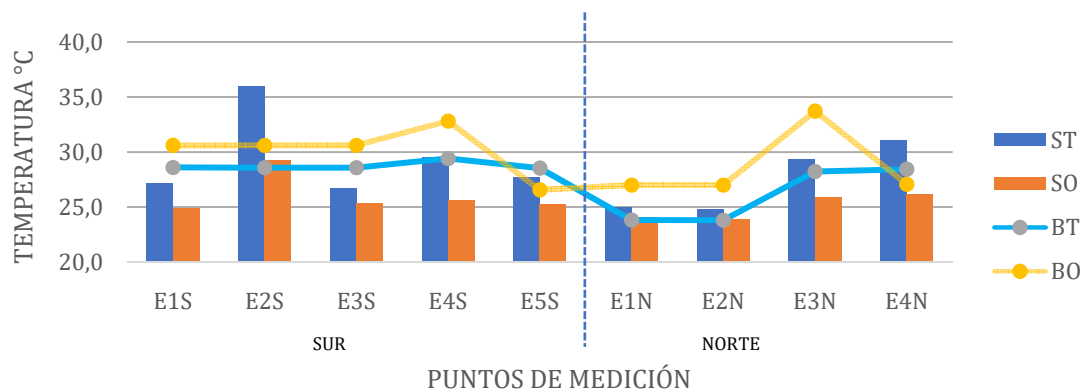


Figura 7-27 Comparación de los promedios de la temperatura del suelo con la temperatura de la barandilla en diferentes puntos de medición. Fuente: Elaboración propia.

#### 7.2.2.1 Distancia entre los diferentes puntos

Se analizarán los mismos puntos que se tomaron en cuenta para la temperatura del aire, los cuales son E1S\_, E2S\_ y E3S\_ en la orientación Sur, y en la Norte son E1N\_ y E2N\_.

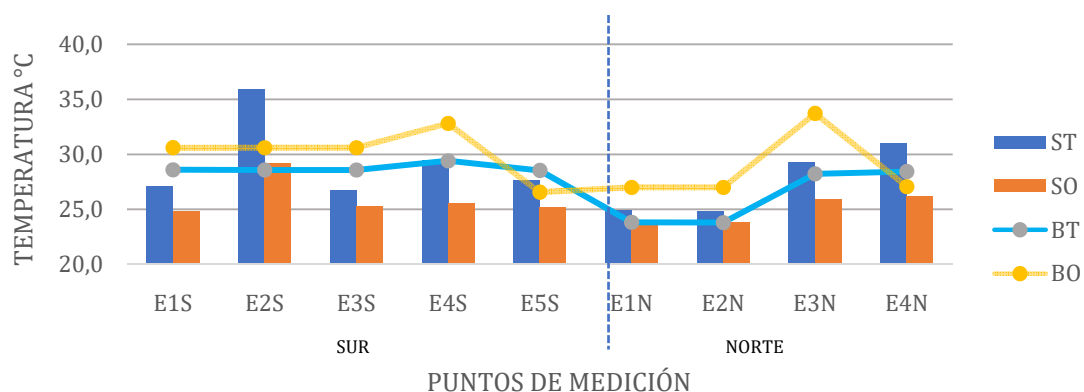


Figura 7-28 Comparación de los promedios de la temperatura del suelo con la temperatura de la barandilla. Para una mejor lectura se han eliminado de la Figura 7-27 los puntos E4S, E5S, E3N y E4N. Fuente: Elaboración propia.

En la terraza Sur de la barandilla translúcida entre los puntos E1ST y E2ST, la temperatura del suelo es mayor en E2ST debido a que E1ST posee en la mayor parte de las horas está protegido por la proyección de sombra de la barandilla, por esta misma causa, la temperatura del suelo de E1ST es menor que la temperatura de la barandilla. Moviéndonos a E3ST desaparece prácticamente la radiación directa, por lo que los valores medidos del suelo vuelven a descender a una temperatura cercana a E1ST. En la terraza Norte al no haber radiación directa, se observa que las temperaturas entre los diversos puntos de medición se mantienen estables, sin embargo, la temperatura del suelo es mayor que la de la barandilla.

Con el material opaco la barandilla (BO) siempre está a una temperatura superior que la del suelo (SO), en ambas orientaciones. Entre E1SO y E2SO, al igual que en el caso de la barandilla translúcida, la temperatura del suelo aumenta considerablemente en E2SO, ya que en este punto posee radiación directa durante muchas horas. No obstante, no llega a sobrepasar los valores de la barandilla, debido a las propiedades del material opaco que tenderá siempre estar a una temperatura superior. A medida que nos alejamos, en E3ST la temperatura descende, pues este punto está protegido nuevamente de la radiación directa. Entre los E1N\_ y E2N\_ no existen mayores cambios de temperatura, pues no existe radiación directa incidente sobre el suelo.

Podemos establecer entonces, que la temperatura del suelo, debido a las circunstancias de los puntos de medición, es más afectada si incide o no radiación directa en la superficie con el aumento de la distancia con la barandilla; claro que hay que considerar que el punto del suelo más cercano a la barandilla es beneficiado por la proyección de sombra de la misma, que va tener más relevancia o no dependiendo de la transparencia y/o las prestaciones del vidrio de la barandilla, en este caso al ser un vidrio translúcido obtenemos una sombra que es muy difusa.

#### 7.2.2.2 Orientaciones Norte, Sur y Este.

En relación a las terrazas Norte y Sur, entre E1ST y E1NT, la temperatura superficial promedio del suelo es mayor en E1ST, debido que aunque ambos no experimentaron incidencia de radiación directa en los días de las mediciones, la proyección de sombra de E1ST permite aún cierta entrada de la radiación solar directa y en E1NT la radiación es completamente difusa; además la barandilla de E1ST se encuentra en radiación directa por el lado exterior, aumentando así su temperatura y provocando que ésta sea mayor que la temperatura superficial del suelo; en cambio en la Norte no existe radiación directa, por lo que la temperatura de la barandilla es menor que la del suelo.

En cuanto a la barandilla opaca, los puntos E1SO y E1NO se comportan de manera similar tanto en el suelo como en la barandilla, sin embargo, la diferencia de temperatura de suelo entre las orientaciones Sur y Norte es mucho menor. Este mismo comportamiento se observa entre los puntos E3S\_ y E2N\_ en el caso de la barandilla translúcida como opaca. En cuanto a la comparación entre E2S\_ y E2N\_, como el primer punto tiene radiación directa a todas las horas de las mediciones siempre tendrá los valores más altos también en el suelo.

Respecto a la orientación Sur (E1S\_, E2S\_ y E3S\_) y la orientación Sur Este (E4S\_ y E5S\_), los valores del suelo con la barandilla translúcida son mayores en la orientación Este, exceptuando E2S\_, ya que, en la orientación Este, si bien también existe radiación directa, esto solo sucede por la mañana y en este caso se ve afectada por la proyección de sombra de la barandilla. Se hace notar que, en el caso de la barandilla opaca, la temperatura del suelo es muy estable en todos los puntos, menos en E2SO. En la comparación de las mediciones correspondientes a la terraza Norte los puntos E1N\_ y E2N\_ con respecto a los puntos E3N\_ y E4N\_, los valores son claramente mayor en la orientación Este, tanto de la barandilla como el pavimento, debido al factor de la radiación directa.

Como era de esperar, se puede afirmar que las orientaciones que reciben mayores radiaciones de luz solar son los que poseen la temperatura superficial del suelo y de barandilla más alta.

#### 7.2.2.3 Materiales de la barandilla (translucido/opaco)

Se tomarán para el análisis los mismos puntos de medición que el apartado 7.2.1.3: E1S\_, E4S\_, E1N\_, E3N\_.

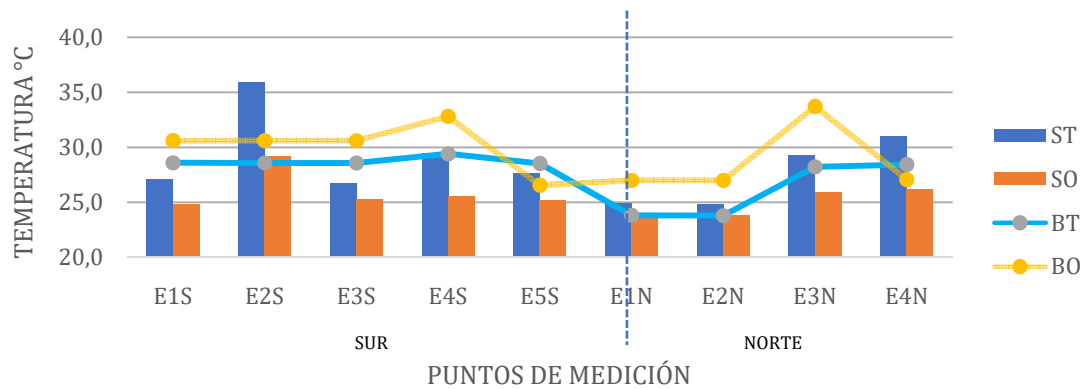


Figura 7-29 Para una mejor lectura se han eliminado de la Figura 7-27 los puntos que no serán considerados en el análisis de esta comparación (E2\_, E3S\_, E5S\_, E3N\_). Fuente: Elaboración propia.

Ya que las condiciones del cielo difieren entre las dos campañas, no se puede hacer un análisis acertado del comportamiento entre ambos materiales. En la barandilla opaca, al haberse realizado las mediciones con un cielo parcialmente despejado, la radiación solar incidente no fue tan intensa como el día de la toma de mediciones de la barandilla translúcida, causando en gran medida que todos los valores de temperatura del suelo sean comparativamente aún mayores con la barandilla translúcida, y que con la barandilla opaca las temperaturas del suelo se mantengan más o menos constante.

El material usado para opacificar las barandillas de vidrio, como se ha mencionado antes, es papel Kraft color negro, por lo que tiende a absorber mayor radiación solar y no reemitirla, es por eso que en los datos recopilados se manifiestan valores notablemente diferentes se ven muy diferentes entre las temperaturas de suelo y barandilla. En cambio, el vidrio es un material que también absorbe la energía radiante, pero también la reemite en gran medida, por lo que podemos observar que en este caso no existe mucha diferencia de temperaturas entre la barandilla y el vidrio.

De acuerdo a las comparaciones anteriores, no se puede verificar si existe un efecto claro sobre la temperatura del suelo y la temperatura de la barandilla cuando está última cambia de ser translúcida a opaca.

#### 7.2.2.4 Ventilación inferior de la barandilla y posible efecto invernadero

Nuevamente se analizarán los puntos de la orientación Este, tanto en la terraza Sur como en la terraza Norte, para identificar los distintos comportamientos, tomando como referencia los mismos puntos que el apartado 7.2.1.4, los cuales son: E4S\_C, E5S\_, E3N\_C y E4N\_.

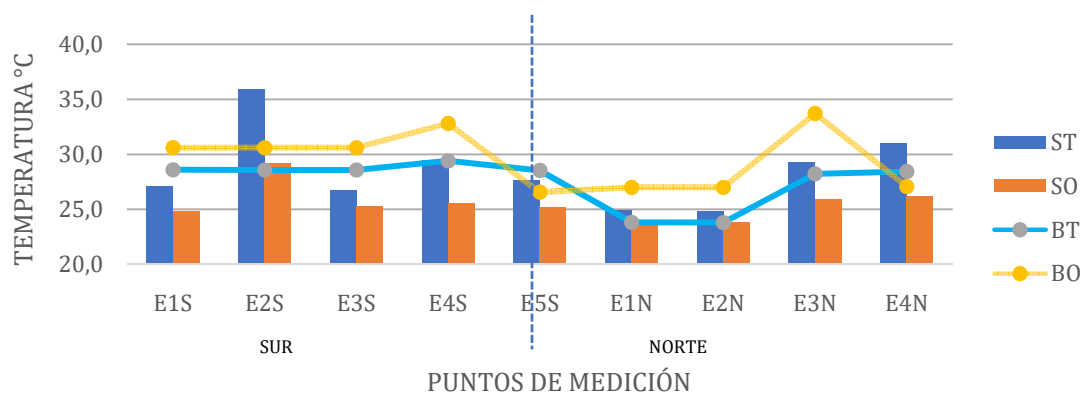


Figura 7-30 Para una mejor lectura se han dejado de la Figura 7-27 solo los puntos de la orientación Este, que es donde se analizará este fenómeno. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Figura 7-30, en E4ST, tanto la temperatura promedio del suelo (ST) como la de la barandilla (BT), es muy similar, en contraposición a los valores medios en el punto E5ST donde son un poco diferentes, por lo que podemos afirmar que la temperatura superficial de la barandilla influye en este punto en la temperatura del suelo hasta tener temperaturas muy similares, o de la misma manera la temperatura del suelo influye en la barandilla, pues existe radiación directa en el pavimento.

Para estudiar mejor este fenómeno volveremos a repasar las mediciones de temperaturas del apartado 6.2.3 (Ficha 6-6), ya la diferencia del promedio de temperaturas superficial existente entre los valores de E4ST y E5ST es solo de 1°C, con lo cual no se pueden dar afirmaciones certeras al ser un valor tan pequeño. Chequeando a través de las horas se observa como las temperaturas del aire en el punto E4ST son mucho más elevadas que en E5ST, presentado una diferencia de hasta alrededor de los 6°C, tanto en las temperaturas superficiales de la barandilla como del suelo. Sin embargo, el pico más alto de temperatura superficial en la barandilla es entre las 10:00 y 11:00 (hora oficial GTM+2), ya que la radiación Este incide más perpendicular sobre la barandilla, y por ende más directa en las primeras horas de la mañana. En cambio, en el suelo, el pico más alto de la temperatura superficial acontece hacia las 14:00 cuando en este punto de medición finalmente no tiene ninguna proyección de sombra. Sin embargo, mientras E5ST había estado ascendiendo su temperatura de manera más estable a lo largo de la mañana, en el punto E4ST ésta sube más abruptamente con la misma tendencia de la temperatura de la barandilla. Las temperaturas superficiales del suelo y de la barandilla, coinciden finalmente a las 13:00 (GTM+2), que al mismo tiempo coincide con el momento de la temperatura más alta del aire.

Con las fotografías termo gráficas de la campaña 1B, se comprueban estos comportamientos mencionados que se evidencian en las gráficas. A pesar de que, P4ST y

E5ST tienen las mismas condiciones de radiación solar y presentan las mismas tendencias de comportamiento, E4ST presenta siempre una mayor temperatura superficial tanto en el suelo como en la barandilla; y según lo explicado anteriormente esto se debe probablemente a la influencia cercana de la temperatura superficial de la barandilla sobre los demás elementos cuando se disminuye la superficie de ventilación, como en el caso de la separación de la parte inferior de la barandilla, y que en E4ST la terraza la distancia entre la pared del edificio interior a la barandilla es más corta.

En la cuanto a la terraza Norte, no ocurre el mismo efecto anterior que los valores promedio entre las temperaturas superficiales del suelo y la barandilla, éstos son similares tanto en el punto E3NT como en el E4ST. Tampoco E3NT no tiene las temperaturas más elevadas que E4NT como sucedía en la orientación Sur. Por ello podemos confirmar que en cuanto menos ventilación exista, las temperaturas superficiales comparadas entre suelo y barandillas serán más cercanas. En este caso de la terraza con orientación Norte, es la temperatura superficial del suelo la que está habitualmente más alta y tenderá a influir en la temperatura del vidrio más cercano. Con las imágenes obtenidas de la campaña 1A, podemos comprobar que, si bien en E3NT la temperatura media no es mayor que E4NT, los comportamientos entre E3NT y E4ST, es muy similar, por lo que podríamos afirmar que en E3NT también existe una tendencia al sobrecalentamiento en esa zona, al estar tapada la abertura inferior de la barandilla.

Para las barandillas opacas de la terraza Sur, al igual que sucede con la temperatura del aire, la temperatura superficial de la barandilla está mucho más elevada en el punto E4SO que todos los demás puntos de medición, sin embargo, la temperatura superficial del suelo no se ve influenciada por esta tendencia. El mismo comportamiento se obtiene para la terraza Norte en el punto E3NO. Además, entre los puntos E4SO y E3NO, no se percibe mayor cambio de temperaturas superficiales de suelo y de la barandilla, ocurriendo la misma tendencia anterior. Por tanto, en la barandilla opaca no existe diferencia alguna entre los diversos puntos que pueda obedecer a un posible “efecto invernadero” y los otros. Este último fenómeno se debe probablemente a que no hubo una radiación solar tan intensa en el día de la campaña 2 como el día de la campaña 1, lo cual provocó que los valores de la temperatura superficial del suelo permanecieran más estables, como se puede ver en el punto E2S\_ con las temperaturas superficiales del suelo, donde en la campaña 1 es mucho mayor que la campaña 2.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 8.1 LUMÍNICAS

Cuando la barandilla es translúcida, las reflexiones de luz solar aumentan tanto en los valores de luminancia (frente, cielo y suelo) como de iluminancia (plano vertical y horizontal). Este efecto sucede en todas las orientaciones por igual, aunque con mayor incidencia en las orientaciones de terraza donde hay más horas con radiación directa, como es en esta obra la orientación Sur. Además, es el plano vertical en el interior el punto más afectado por estas reflexiones en la barandilla.

En el caso de estudio, el efecto de la barandilla translúcida en los espacios interiores donde hay radiación directa no es significativo, pues ya existen otras muchas superficies con capacidad de reflejar la luz. En cambio, en los espacios exteriores (situados bajo techo), las reflexiones de la barandilla son percibidas con mayor contraste y, considerando que entre más nos alejamos de la barandilla el espacio circundante suele estar menos iluminado naturalmente, aumenta más este efecto.

El color y brillo de las superficies de las terrazas es un factor que influye notablemente en la cantidad de luz reflejada. La barandilla translúcida al ser de color casi blanco refleja hacia el interior una cantidad considerable de luz que afecta el confort del usuario; a diferencia de la barandilla opaca de color negro, que ayuda a disminuir la intensidad de estas reflexiones. El vidrio de la barandilla, debería ser entonces lo más transparente posible para evitar las reflexiones por el color y al mismo tiempo permitirá ver mejor el paisaje.



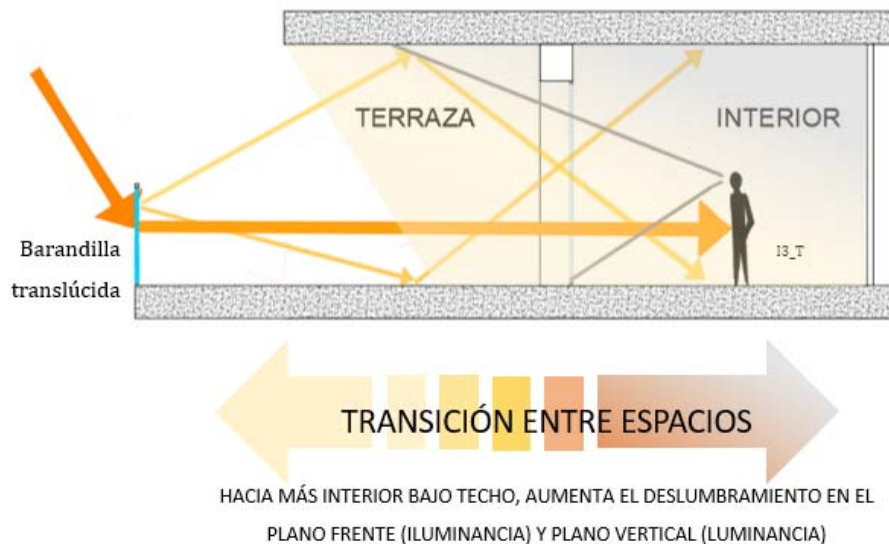


Figura 8-1 Reflexiones que más afectan negativamente el confort en el uso de barandillas translúcidas. Fuente: Elaboración propia.

## 8.2 TÉRMICAS

Por lo que se refiere a la ganancia de calor en el ambiente cercano a la barandilla de vidrio, solo es importante la selección del material de la barandilla, si existe radiación directa. Cuando la barandilla es de vidrio translúcido esta ganancia de calor es mucho mayor, sin embargo, este calor en terrazas abiertas se ve afectada directamente por el viento, por lo que a medida que nos alejamos de la barandilla ésta disminuye.

Las terrazas con radiación directa son las más afectadas por la ganancia de calor derivada del uso de la barandilla translúcida. La orientación Sur al tener más horas de incidencia de radiación solar directa es la más afectada de todas.

La temperatura del ambiente de la terraza tenderá a ser más estable (entre sus diversos puntos) cuando mayor sea la altura de la barandilla, pues entre más alta sea, más proyección de sombra habrá sobre el pavimento y menos radiación directa será transmitida. El estudio con la barandilla translúcida mostró proyecciones de sombra que reducen la temperatura del pavimento considerablemente, por lo que esta dependerá del tipo de tratamiento del vidrio, como el nivel de transparencia y el factor solar del vidrio.

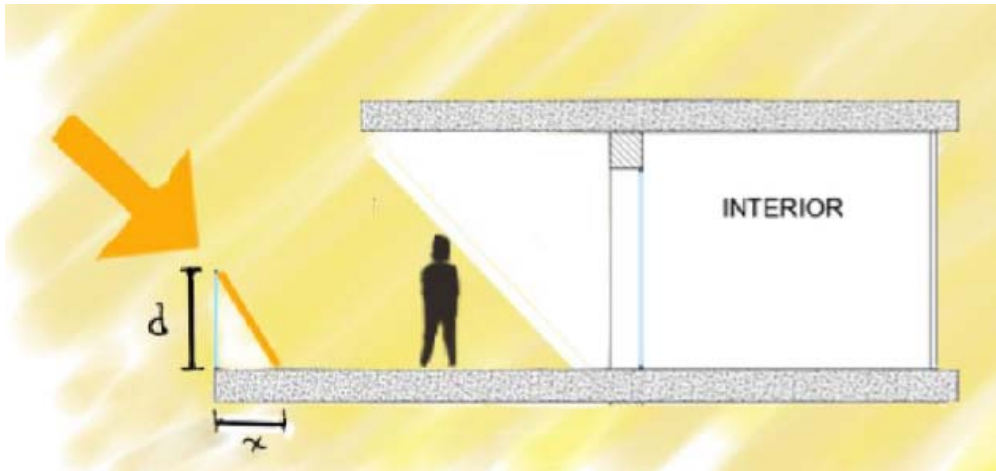


Figura 8-2 La altura de la barandilla ( $d$ ), dependiendo de la orientación de la terraza y el tipo de vidrio, tendrá una influencia importante en el confort térmico. Fuente: Elaboración propia.

En los puntos P4ST y P3ST se comprobó una tendencia a que exista “efecto invernadero” o sobrecalentamiento cuando la barandilla es de vidrio translúcido, el cual aumentará o no dependiendo de la influencia del viento, la cercanía de otras superficies, y que tan amplia sea la terraza.

Entre más amplia sea la terraza y por lo tanto entre más distancia exista desde interior de la residencia a la barandilla, menos incidencia habrá tanto lumínica como térmica, y entre más estrecha sea la terraza será viceversa.

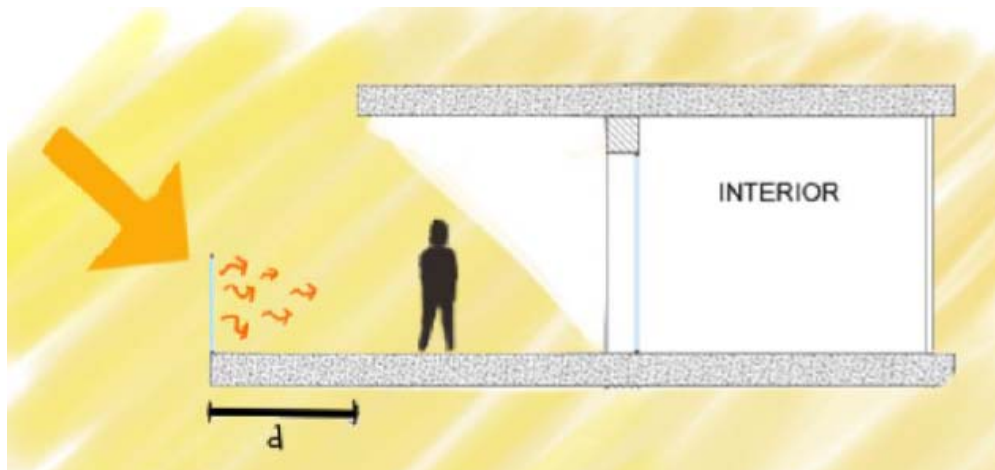


Figura 8-3 Sección de terraza, entre más cerca nos encontremos de la barandilla, más irradiación que reemite la barandilla recibiremos. Fuente: Reproducción propia.

### 8.3 RECOMENDACIONES

Al colocar una barandilla de vidrio, es esencial verificar la orientación que tendrán las terrazas y la posición de la misma. Si se decide instalar en las orientaciones menos favorables, se debe tomar a consideración la altura de la barandilla, el factor solar del

vidrio y el color de manera que se pueda disminuir tanto las reflexiones de luz, como el calentamiento.

Si el vidrio escogido para la barandilla es muy transparente, lo cual beneficia en gran medida a los efectos lumínicos, este debe tener buenas prestaciones en cuanto al factor solar, de manera que, aunque no lograra proyectar una sombra importante, la radiación que este deje pasar sea la menor posible.

Si se instala además en una orientación afectada muchas horas por la radiación directa, se debe considerar las protecciones solares necesarias diferentes a la del vidrio para evitar la incidencia directa en la barandilla, por ejemplo, techo que cubra hasta la barandilla, pérgolas o plantas que reduzcan el área de la radiación directa y elementos que protejan de la radiación proveniente del Este y del Oeste. Al mismo tiempo, se debe dejar amplios espacios abiertos alrededor de la barandilla para que pueda permitir el paso del viento y favorecer la disipación del calor.

El color de las superficies adyacentes y las prestaciones de los diferentes materiales, deben tomarse en cuenta a la hora de seleccionar el vidrio de la barandilla, pues ellos podrían potenciar el calentamiento y reflexiones del vidrio seleccionado.

## 9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

---

El presente trabajo, se abordó en un corto periodo de tiempo, por lo que las mediciones solo se pudieron realizar en una fecha en específica. Para una mejor obtención de datos es conveniente realizar el estudio en un edificio con terrazas de las mismas dimensiones y en días con mismas condiciones meteorológicas, así como también en época de verano donde la incidencia solar mayor.

Por otro lado, a partir de estos datos se debería realizar una simulación con programas de informática. Para la iluminación midiendo los niveles de deslumbramiento y para la energía térmica los efectos de sobrecalentamiento, simulando diferentes orientaciones, materiales de barandilla y diferentes configuraciones de forma de las terrazas. De manera que se pueda contrastar estos datos con la realidad y un mejor análisis de comportamientos.

## 10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

---

A continuación, se citan las referencias utilizadas para el trabajo realizado en orden alfabético.

- Agüero R. El balcón y la celosía. Elementos de confort lumínico y térmico en el clima de la ciudad de Lima. Tesis de Master de Arquitectura, Energía y Medio Ambiente 2009.
- Comenza, S.L. Catalogo GlassFit. 2016. 24-97.
- Comenza, S.L. The architects railing book 2016.
- Comité Español de la Iluminación (CEI). Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. Madrid 2005. ISBN: 84-86850-92-4
- Entradas Puertas, Paredes Barandillas de Cristal. Editorial Blume – Tuset, 8-Barcelona. Edición española, marzo 1969. 59-72
- Eva Jiricna Architects. Apartment, Myfair London. [www.ejal.com](http://www.ejal.com). Fecha de consulta: 21 junio 2017.
- Foster and Partners. Willis Faber & Dumas Hearquarters. [www.fosterandpartners.com/projects/willis-faber-dumas-headquarters](http://www.fosterandpartners.com/projects/willis-faber-dumas-headquarters). Fecha de consulta: 21 junio 2017.
- Hernández Minguillón, R. Arquitectura Ecoeficiente. Tomo I, España. 2012
- Kroll Andrew. AD Classics: Lloyd's of London Building/Richard Rogers. Archdaily. Noviembre 2010. [www.archdaily.com/90668/ad-classics-lloyds-of-london-building-richard-rogers](http://www.archdaily.com/90668/ad-classics-lloyds-of-london-building-richard-rogers). Fecha de consulta: 21 junio 2017.
- Niemasz Jeff. Your first simulation. Diva for Rhino. 2017. <http://diva4rhino.com/user-guide/getting-started/first-simulation>. Fecha de consulta: 18 de junio 2017,
- Pagel Érica. The influence of glazed balconies in the thermal comfort in an urban tropical region. SBE Series. Sustainable Urban Communities toward a Nearly Zero Impact Built Enviroment. 2016. ISBN 978-85-92631-00-0
- Philip H. Saleh. Thermal performance of glazed balconies within heavy weight/thermal mass buildings in Beirut, Bebanon's hot climate. Energy and Buildings, Volumen 108, 2015; 291-303.
- Q-railing. Catálogo 2013. 1-113
- Robert McNeel & Associates. Rhinoceros 5, Manual del usuario para Windows. 2014.

- The Victorian Emporium. History of Gates and Railings.2011  
[www.thevictorianemporium.com/publications/history/article/history\\_of\\_railings](http://www.thevictorianemporium.com/publications/history/article/history_of_railings).  
 Fecha de consulta: 01 junio 2017.
- Trenza Metal Área. Dossier de modelo NEX. 37-40
- Uriarte Urtza. Light and taste, third plane side-view combined with complex Fenestration System atmospheres under midday clear sky at restaurants. Tesis Doctoral Barcelona 2016.





## **11. ANEXOS**

---



## 11.1 ANEXO 1. TERMINOLOGÍA

A continuación, se orden alfabéticamente la terminología usada en el estudio.

- **Cielo claro:** cuando en el cielo está totalmente despejado de nubes y soleado.
- **Cielo parcialmente despejado:** cuando el cielo tiene intervalos de sol y nubes.
- **Deslumbramiento:** pérdida momentánea de la visión producida por una luz o un resplandor intenso.
- **Efecto invernadero:** es el fenómeno que ocurre cuando el aire retiene la energía térmica que una superficie emite (en este caso de estudio, la superficie del suelo y la barandilla), por haber sido calentado por la radiación solar, produciendo un sobrecalentamiento.
- **Efectos lumínicos:** las afecciones que produce la luz incidente en el caso de estudio.
- **Energía térmica:** es la manifestación de energía en forma de calor.
- **Factor solar:** es la relación entre la energía total o radiación que deja pasar el vidrio.
- **Hora Solar:** es la hora real que marca el sol.
- **Hora Oficial:** es la hora que corresponde al huso horario de la ubicación del país o ciudad. Para este trabajo se ha tomado la hora UTC+2.
- **Iluminancia:** es el flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad es el Lux.
- **Luminancia:** llamada también brillo fotométrico, es la luz procedente de los objetos y como es percibida por el ojo humano en una dirección determinada. Su unidad es  $\text{cd/m}^2$ .
- **Material opaco:** aquel material que bloquea el paso de la luz visible.
- **Radiación solar difusa:** es la que proviene de la bóveda celeste o atmosfera por la dispersión de las moléculas. Esta cambia dependiendo de las condiciones del cielo.
- **Radiación solar directa:** cuando la energía solar incidente proviene directamente del sol.
- **Temperatura ambiente:** temperatura general o del aire en un espacio o ciudad en específica.
- **Temperatura superficial:** temperatura de la superficie de un cuerpo o material.
- **Vidrio translucido:** cuando las láminas de vidrio han recibido un tratamiento de grabado que permite una visión difuminada hacia el otro lado de la cara.

## 11.2 ANEXO 2. APARATOS DE MEDICIÓN. FICHAS TÉCNICAS.

### 11.2.1 Luxómetro: Hagner ScreenMaster

#### Hagner ScreenMaster

The Hagner ScreenMaster is a small, handy and very easy-to-use instrument for measurement of luminance as well as illuminance over a range of 0.1-200,000 cd/m<sup>2</sup> and lux, respectively. With both automatic zeroing and on/off switch, the only controls needed are a four-position range selection switch, a hold button for retaining the displayed value and a switch for selection between luminance and illuminance.

The ScreenMaster is provided with two detectors, which both are carefully filtered to give a spectral response close to that of the human eye, as defined in CIE standards.

The detector on the front side of the instrument is well cosine corrected and used for measurement of illuminance, for instance on computer screens and in working areas.

The detector on the underneath side of the instrument is built into a tube and is used for measurement of luminance. The opening of the tube ( $\approx 1 \text{ cm}^2$ ) gives a measuring angle of 36°. (The measured area = the base of a cone with a 36° top angle.) This implies that the instrument is well suited for e.g. determination of luminances and contrasts on computer screens, background luminances and luminances from negativ viewing tables. (To avoid reflectance of ambient light the detector tube can be pressed against the light emitting surface when measuring on screens and tables.) By means of this detector it is furthermore possible to calculate transmission factors and film density.

The Hagner ScreenMaster is of course also most suitable for general evaluations of lighting quality.

#### Operation

To open the lid, press the forward part lightly downward with your thumb and at the same time pull the latch upwards with the first two fingers of the same hand. The instrument comes on when the cover is opened and turns off when it is closed. Set the luminance/illuminance switch in desired position. Move the range switch to the range which will give the greatest accuracy and read the display. When the HOLD button is pressed the measured value will show on the display until the button is released.

#### Calibration

The instrument is carefully calibrated when delivered. As the light sensitive silicon diodes are extremely stable over long periods of time recalibration every two-three years should, under normal use of the instrument, be sufficient. If however there is any reason to believe that the instrument is out of calibration, it can be returned to your stockist or the manufacturer for earlier control checks.

#### Power source

The power source is a standard 9 volt battery. To avoid battery leakage only alkaline batteries should be used. When LOBAT appears on the display, it is time to replace the battery. However the instrument can be used for approximately 20 hours longer before replacing the battery is essential.

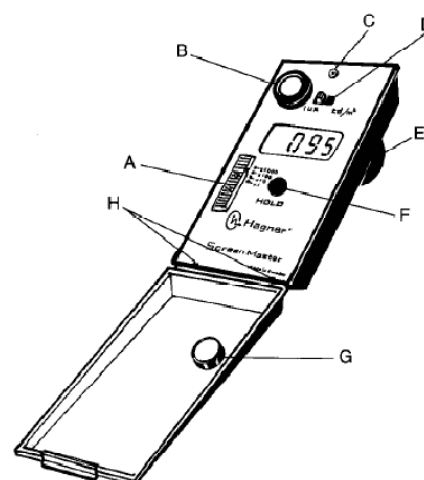
To change the battery remove the screw at the front edge of the cover plate, which permits the plate to be removed. When replacing it the lower edge of the plate must fit under the two bosses at the lower edge of the case before it can be closed again. Note! When lowering the plate make sure that the pin of the four-position switch fits into the sliding control on the plate.

#### Maintenance

The white plastic disc over the illuminance detector may be cleaned when necessary with a light damp cloth. The luminance detector is protected by a glass disc inside the tube. The disc can be cleaned with, for instance, a light damp "tops".

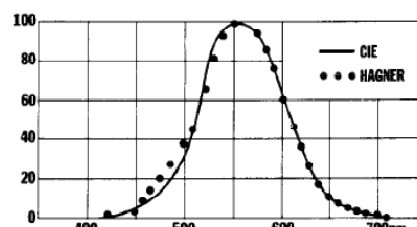
#### Instrument data

Detector	Silicon photodiodes, $V_A$ -filtered and (illuminance detector) cosine corrected.
Measuring range	0.1-200,000 cd/m <sup>2</sup> and lux respectively.
Accuracy	Better than $\pm 3\%$ ( $\pm 1$ in last digit).
Power supply	9 volt battery type PP3 alkaline (lifetime approx. 350 hours)
Dimension	135 x 75 x 60 mm
Weight	215g

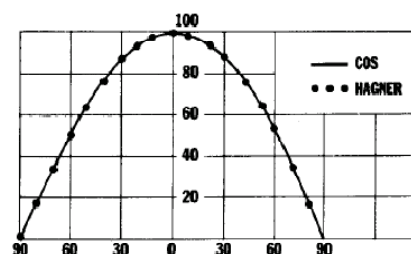


The controls and other parts of the ScreenMaster

- A Range switch
- B Detector for illuminance
- C Screw for coverplate
- D Luminance/illuminance switch
- E Detector for luminance
- F Hold button
- G Magnet that switches the instrument on and off
- H Locking bosses for the coverplate



The spectral sensitivity of the Hagner ScreenMaster closely relates to the visibility curve of the CIE standard observer.



The cosine correction of the illuminance detector compensates for measuring errors owing to oblique incident light.

## 11.2.2 Medidor de ambientes PCE-EM 882

### 3. SPECIFICATIONS

**Display:** Large 1999 counts LCD display with function of Lux, x10 Lux, °C, °F, %RH and dB, A & dB, C & oLo & dB, Hi & dB, MAX HOLD, DATA HOLD indication.

**Polarity:** Automatic, (-) negative polarity indication.

**Over-range:** "OL" mark indication.

**Low battery indication:** The "BAT" is displayed when the battery voltage drops below the operating level.

**Measurement rate:** 1.5 times per second, nominal.

**Storage temperature:** -10°C to 60°C (14°F to 140°F) at < 80% relative humidity

**Auto Power Off:** Meter automatically shuts down after approx. 10 minutes of inactivity.

**Power:** One standard 9V, NEDA1604 or 6F22 battery.

**Dimensions/Wt.:** 251.0 (H) x 63.8 (W) x 40 (D) mm/250g

**Photo Detector Dimensions:** 115 X 60 X 27 mm

#### Sound Level

**Measurement range:**

A LO (low) – Weighting: 35-100 dB

A HI (High)- Weighting: 65-130 dB

C LO (low) – Weighting: 35-100 dB

C HI (High)- Weighting: 65-130 dB

Resolution: 0.1 dB

**Typical instrument frequency range:** 30Hz-10KHz

**Frequency Weighting:** A, C –weighting

**Time Weighting:** Fast

**Maximum Hold:** Decay < 1.5dB/3 min

**Accuracy:** ±3.5 dB at 94 dB sound level, 1KHz sine wave.

**Microphone:** Electric condenser microphone.

#### Light

**Measuring Range:** 20, 200, 2000, 20,000lux

(20,000lux range reading x10)

**Overrate Display:** Highest digit of "1" is displayed.

**Accuracy:** ±5% rdg + 10 dgts (calibrated to standard incandescent lamp at colour temperature 2856k).

**Repeatability:** ±2%.

**Temperature Characteristic:** ±0.1 %/°C

**Photo detector:** One silicon photo diode with filter.

#### Humidity/Temperature

**Measurement Range:**

Humidity 25 % ~ 95 % RH

**Temperature** -20.0°C - +50.0°C -4°F - +122°F

**(K-type)** -20.0°C - +200.0°C -20°F - +750°F;

-4.0°C - +200°C, -4°F - +1400°F.

**Resolution:** 0.1%RH, 0.1°C, 1°C/ 0.1°F, 1°F.

**Accuracy (after calibration):**

**Humidity:** ±5%RH (at 25°C, 35% ~ 95%RH)

**Response time of the humidity sensor:** approx. 6min.

**Temperature:**

±3%rdg±2°C(at-20.0°C ~ +200.0°C)

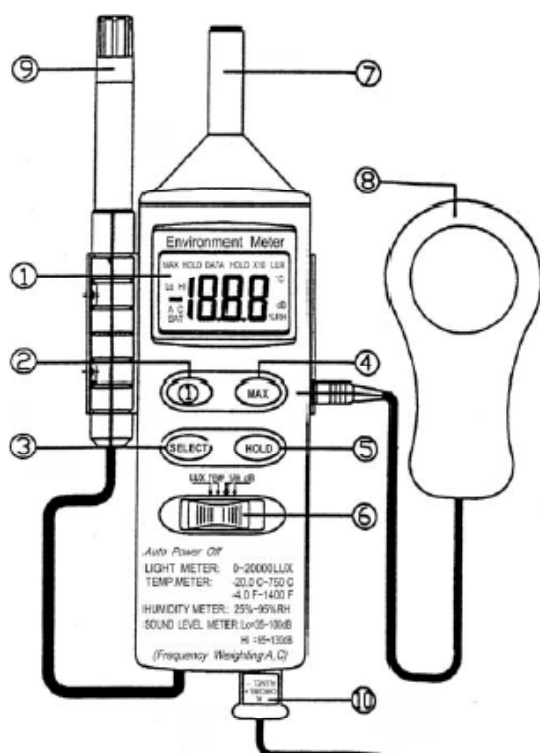
±3.5%rdg±2°C(at-20.0°C ~ +750°C)

±3%rdg±2°F(at-4.0°F ~ +200.0°F)

±3.5%rdg±2°F(at-4°F ~ +1400°F)

**Input Protection:** 60V dc or 24V ac rms.

#### 4. PANEL DESCRIPTION



1. LCD display: 3 1/2 digits LCD display with units of Lux, x10 Lux, %, %RH, dB, A, C, Lo, Hi and low battery "BAT" MAX HOLD, DATA HOLD indication.
2. Power Button: Selects meter's power ON or power OFF.
3. Selection Button: Selects meter's Functions and ranges.
4. MAX HOLD: If you press the MAX button, the maximum reading will be held. Press once again the button, will release the hold and allow a further measurement.
5. DATA HOLD: The reading will be held when Data Hold button Switch is pressed. If the button Switch is pressed once again, will release the hold and allow a further measurement.
6. Function Switch: Selects measurement functions of Lux, Temperature, Humidity and Sound Level.
7. Microphone: Electric condenser microphone inside.
8. Photo Detector: Long life silicon photo diode inside.
9. Humidity at Temperature: Humidity Sensor and Semiconductor Sensor inside.
10. Temperature Terminal: Insert the temperature probe in this terminal.

#### 11.2.3 Termómetro psicométrico EXTECH RH401

##### Specifications

Function	Range and Resolution	Accuracy
Humidity	0.0 to 100.0% RH	±3% RH (10 to 90%)
Temperature (Air)	-4.0 to 122.0°F (-20 to 50°C)	±1.8°F (±1°C)
Temperature (InfraRed) (@25°C ±5°C)	-4 to 842°F (-20 to 450°C)	±3% reading or ±3°C/6°F whichever is greater
	-40 to -4 °F, 842 to 932°F	±4% reading or ±4°C/8°F whichever is greater
	-40 to -20 °C, 450 to 500 °C	

Display	Triple LCD with backlight
Sensor Type	Humidity: Capacitance sensor; Temperature (air): Thermistor
Dew Point	-90.4 to 122.0°F (-68 to 50°C) (calculated from humidity and temperature measurements)
Wet Bulb	-6.9 to 122.0°F (-21.6 to 50°C) (calculated from humidity and temperature measurements)
IR Emissivity	Adjustable from 0.3 to 0.99
IR Spot/Distance Ratio	8:1
IR Response Time	0.5 seconds
Operating Conditions	-4 to 122°F (-20 to 50°C); < 99% RH non-condensing
Storage Conditions	-40 to 185°F (-40 to 85°C); <99% RH non-condensing
Power Supply	4 x 1.5V 'AAA' batteries or AC adaptor
Battery Life	approx. 150 hours (laser inactive); 30 hours (laser active)
Dimensions / Weight	6.8x2.7x1.9" (175x70x50mm); 4.9 oz. (140g)

#### 11.2.4 Cámara Infrarroja FLIR i5

FLIR i5
Thermal image quality: 100x100 pixels
Field of View: 21°(H) x 21°(V)
Center spot
Thermal sensitivity: 0.10°C